



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RAGOM GAWI BANDAR LAMPUNG  
MENGUNAKAN SISTEM KOMPOSIT BAJA BETON**

DAOR SYAFI'I  
NRP 3112 100 702

Dosen Pembimbing I  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II  
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RAGOM GAWI BANDAR LAMPUNG  
MENGUNAKAN SISTEM KOMPOSIT BAJA BETON**

DAOR SYAFI'I  
NRP 3112 100 702

Dosen Pembimbing I  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II  
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017







FINAL PROJECT – RC14-1501

***DESIGN OF MODIFICATION OF RAGOM GAWI  
APARTMENT BUILDING STRUCTURE BANDAR  
LAMPUNG USING STEEL-CONCRETE COMPOSITE  
SYSTEM***

DAOR SYAFI'I  
NRP 3112 100 702

Supervisor  
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.  
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**LEMBAR PENGESAHAN  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RAGOM GAWI BANDAR LAMPUNG  
MENGUNAKAN SISTEM KOMPOSIT BAJA  
BETON**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**DAOR SYAFFI**  
NRP. 3112.100.702

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

(pembimbing I)

Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS (pembimbing II)

**SURABAYA  
JUNI, 2017**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN RAGOM GAWI BANDAR LAMPUNG MENGUNAKAN SISTEM KOMPOSIT BAJA**

**Nama Mahasiswa : Daor Syafi'i**  
**NRP : 3112 100 702**  
**Departemen : Teknik Sipil FTSP-ITS**  
**Dosen Pembimbing : 1. Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.**  
**2. Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS**

## **ABSTRAK**

*Apartemen Ragom Gawi merupakan gedung yang direncanakan memiliki 33 lantai yang akan didesain dengan menggunakan sistem komposit baja-beton. Keuntungan dari perencanaan komposit yaitu penghematan berat baja, penampang balok baja dapat lebih rendah, kekakuan lantai meningkat, panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar dan kapasitas pemikul beban meningkat.*

*Dalam Tugas Akhir ini dibahas perencanaan dengan menggunakan struktur komposit baja-beton. Perencanaan yang dilakukan disini meliputi perencanaan pelat lantai, tangga, lift, atap beton, balok anak, balok induk, kolom dan pondasi. Balok komposit merupakan campuran beton dengan baja profil, dimana pada beton bertulang gaya-gaya tarik dipikul oleh besi tulangan. Akan tetapi pada beton komposit ini gaya-gaya tarik yang terjadi pada suatu elemen struktur dipikul oleh profil baja.*

*Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil yaitu: tebal pelat atap dan lantai yaitu 11 cm. Dimensi balok gedung Ragom Gawi adalah K 588x300x12x20, K1 (base-lantai 11), K 500x200x10x16 K2 (lantai 12-22) dan K 396x199x7x11 K3 (lantai 23-33), profil balok induk WF 600x200x11x17, profil balok anak*

*lantai WF 400x200x8x13, profil balok anak atap WF 400x200x8x13, profil balok lift WF 400x200x8x13, profil balok tangga utama WF 200x150x6x9 dan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 60 cm dengan kedalaman 30 m.*

*Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menghasilkan perencanaan struktur gedung komposit baja-beton yang rasional dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 1726-2012, SNI 2847-2013 dan SNI 1729-2015 serta SNI 1727-2013.*

***Kata Kunci :*** *gedung, beja-beton, komposit, SNI, dinding geser*

**DESIGN OF MODIFICATION OF RAGOM GAWI  
APARTMENT BUILDING STRUCTURE BANDAR  
LAMPUNG USING STEEL-CONCRETE COMPOSITE  
SYSTEM**

<b>Name</b>	<b>: Daor Syafi'i</b>
<b>NRP</b>	<b>: 3112 100 702</b>
<b>Department</b>	<b>: Teknik Sipil FTSP ITS</b>
<b>Supervisor</b>	<b>: 1. Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. : 2. Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS</b>

**ABSTRACT**

*Ragom Gawi apartment building which planned to have 33 floors will be designed using steel-concrete composite systems. The advantages of composites planning is weight saving of steel, the steel beam section can be lower, the stiffness of floor increased, span length for a particular trunk can be larger and load bearing capacity increased.*

*In this Final Project discussed planning with using steel-concrete composite structures. Planning which done here includes planning slab, stairs, elevators, concrete roof, joists, shearwall, beam, columns and foundations. Composite beam is a mixture of concrete with steel profiles, where the tensile forces of reinforced concrete carried by steel reinforcement. But in this composite concrete tensile forces that occurred in a structural element carried by steel profiles.*

*From the analysis and calculation obtained, the results are: the thickness of the roof plate and the floor are 11 cm. The dimensions of beams from Ragom Gawi Apartment building are K 588x300x12x20, K1 (base-floor 11), K 500x200x10x16 K2 (floor 12-22) and K 396x199x7x11 K3 (floors 23-33), WF 600x200x11x17 beam profile, WF 400x200x8x13 floor beam*

*profile, WF 400x200x8x13 roof beam profile, WF 400x200x8x13 elevator profile, WF 200x150x6x9 main stair beam profile and foundation using precast concrete pile diameter 60 cm with depth 30 m.*

*The purpose of this final project is to produce the structural design of composite steel-concrete buildings rational with fulfilling requirements of the security structure based on ISO 1726-2012, ISO 2847-2013, ISO 1729-2015 and ISO 1727-2013.*

***Keywords:*** *building, steel-concrete, composite, ISO, shear wall.*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, nikmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Desain Modifikasi Gedung Apartemen Ragom Gawi Bandar Lampung Menggunakan Sistem Komposit Baja Beton”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D dan Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA selaku dosen wali yang telah memberikan arahan dan dukungan selama perkuliahan.
3. Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
4. Orang tua yang selalu memberikan semangat, do’a dan dukungan moral maupun moril.
5. Seluruh dosen pengajar Departemen Teknik Sipil FTSP ITS.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil FTSP ITS.
7. Teman-teman Teknik Sipil dan CSSMoRA ITS angkatan 2012 yang telah memberikan semangat,

bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis, pembaca dan semua khalayak. Amin

Surabaya, Juni 2017

Daor Syafi'i

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Struktur Komposit.....	5
2.2.1 Kolom komposit.....	6
2.2.2 Balok komposit.....	7
2.2.3 Pelat komposit.....	8
2.3. Gempa.....	9
2.3.1 Faktor keutamaan gempa.....	9
2.3.2 Definisi kelas situs.....	10
2.3.3 Parameter respon <i>spectral</i> .....	11
2.3.4 Koefisien situs.....	12
2.3.5 Respon spektra desain.....	13
2.3.6 Kategori desain seismik.....	13
2.3.7 Sistem penahan gaya seismik.....	15
2.4. Sambungan Geser.....	15
2.5. Pondasi.....	16
BAB III METODOLOGI.....	17
3.1. Badan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	17
3.2. Mengumpulkan Data yang Berkaitan dengan Perencanaan.....	18

3.3.	Studi Literatur.....	19
3.4.	Perencanaan Struktur Sekunder .....	20
3.5.	<i>Preliminary</i> Desain.....	24
3.5.1.	<i>Preliminary</i> desain balok .....	24
3.5.2.	<i>Preliminary</i> dimensi kolom .....	24
3.6.	Pembebanan.....	24
3.6.1.	Beban mati .....	25
3.6.2.	Beban hidup .....	25
3.6.3.	Beban angin .....	25
3.6.4.	Beban gempa .....	26
3.6.5.	Beban tanah .....	27
3.6.6.	Beban kombinasi .....	27
3.7.	Permodelan Struktur .....	28
3.7.1.	Analisa model struktur.....	28
3.7.2.	Analisa struktur primer komposit .....	28
3.8.	Kontrol Desain .....	37
3.9.	Perencanaan Sambungan .....	37
3.9.1.	Sambungan las.....	37
3.9.2.	Sambungan baut .....	38
3.10.	Perencanaan Pondasi .....	40
3.11.	Gambaran Hasil Perencanaan .....	42
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER .....</b>		<b>43</b>
4.1	Perencanaan Struktur Lantai .....	43
4.1.1	Pelat atap.....	43
4.1.2	Pelat Lantai 1- 33 tipikal .....	44
4.2	Perencanaan Tangga .....	45
4.2.1	Tangga lantai 1-33 tipikal .....	45
4.2.2	Perencanaan pelat anak tangga.....	46
4.2.3	Perencanaan penyangga pelat injak.....	47
4.2.4	Perencanaan pelat bordes .....	50
4.2.5	Perencanaan balok bordes .....	52
4.2.6	Perencanaan balok tangga .....	54
4.2.7	Perencanaan balok tumpuan tangga .....	60
4.3	Perencanaan Balok Anak .....	64
4.3.1	Perencanaan balok anak lantai atap .....	64

4.3.2	Perencanaan balok anak lantai 1-33 tipikal .....	71
4.4	Perencanaan Balok <i>Lift</i> .....	79
4.4.1	Perencanaan balok penggantung <i>lift</i> .....	80
4.4.2	Perencanaan balok penumpu <i>lift</i> .....	83
BAB V	PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER .....	87
5.1	Permodelan Struktur .....	87
5.2	Data Gedung .....	88
5.3	Pembebanan Gravitasi .....	89
5.3.1	Beban mati .....	89
5.3.2	Beban hidup .....	89
5.4	Pembebanan Gempa Dinamis .....	91
5.5	Perencanaan Balok Induk .....	104
5.5.1	Perencanaan balok induk .....	104
5.6	Perencanaan Kolom .....	110
5.6.1	Perencanaan kolom K1 .....	110
5.6.2	Perencanaan kolom K2 .....	113
5.6.3	Perencanaan kolom K3 .....	117
5.7	Perencanaan Dinding Geser ( <i>Shear Wall</i> ) .....	120
BAB VI	PERENCANAAN SAMBUNGAN .....	127
6.1	Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk .....	127
6.2	Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	129
6.2.1	Sambungan balok induk dengan kolom Base-11 .....	129
6.2.2	Sambungan Balok Induk dengan Kolom Lantai 12-22 134	
6.2.3	Sambungan balok induk dengan kolom lantai 23-33.	139
6.3	Sambungan antar Kolom .....	144
6.3.1	Sambungan antar kolom K1 .....	144
6.3.2	Sambungan antar kolom pada K2 .....	148
6.3.3	Sambungan antar kolom pada K3 .....	153
6.4	Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i> .....	157
BAB VII	PERENCANAAN PONDASI .....	161
7.1	Umum .....	161
7.2	Data Tanah .....	161
7.3	Kriteria Desain .....	162
7.4	Daya Dukung Tanah .....	162

7.4.1	Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal .....	162
7.4.2	Daya dukung anak tiang anjang kelompok .....	163
7.5	Perencanaan <i>Poer (Pile Cap)</i> .....	166
7.5.1	Kontrol Geser Pons .....	166
BAB VIII PENUTUP .....		171
8.1	Kesimpulan.....	171
8.2	Saran.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....		173
LAMPIRAN .....		176

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Resiko Gedung Apartemen .....	10
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa .....	10
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs.....	11
Tabel 2. 4 Koefisien Situs, $F_a$ .....	12
Tabel 2. 5 Koefisien Situs, $F_a$ .....	13
Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik $F_a$ Periode 0,2 detik.....	13
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik $F_v$ Periode 1 detik .....	14
Tabel 2. 8 Faktor $R$ , $C_d$ dan $\Omega_0$ Sistem Penahan Gaya Gempa .	15
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi.....	89
Tabel 5. 2 Respon Spektrum Desain.....	93
Tabel 5. 3 Modal Periode dan Frekuensi .....	95
Tabel 5. 4 Berat Efektif Struktur .....	96
Tabel 5. 5 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y .....	97
Tabel 5. 6 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y .....	98
Tabel 5. 7 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul Akibat Gempa Arah X dan Arah Y .....	99
Tabel 5. 8 Modal Partisipasi Massa .....	99
Tabel 5. 9 Rekap Modal Partisipasi Mass.....	107
Tabel 5. 10 Batas Simpangan antar Lantai .....	101
Tabel 5. 11 <i>Drift</i> Gempa Arah X.....	111
Tabel 5. 12 <i>Drift</i> Gempa Arah Y .....	103

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penampang Kolom Komposit .....	7
Gambar 2. 2 Penampang Komposit Kolom <i>King Cross</i> .....	7
Gambar 2. 3 Balok Komposit dengan Pelat Bondek.....	8
Tabel 2. 1 Kategori Resiko Gedung Apartemen .....	10
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa .....	10
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs.....	11
Gambar 2. 6 Ss (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda pendek 0,2 detik) .....	11
Gambar 2. 7 S1 (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik) .....	12
Tabel 2. 4 Koefisien Situs, Fa .....	12
Tabel 2. 5 Koefisien Situs, Fa .....	13
Gambar 2. 8 Respon Spektra Desain .....	13
Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik Fa Periode 0,2 detik.....	13
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Fv Periode 1 detik .....	14
Tabel 2. 8 Faktor R, Cd dan $\Omega_0$ Sistem Penahan Gaya Gempa. ....	15
Gambar 3. 1 Sistematika Metodologi Penulisan Tugas Akhir ....	17
Gambar 4. 1 Denah Tangga.....	46
Gambar 4. 2 Potongan Melintang Anak Tangga.....	48
Gambar 4. 3 Pelat Bordes.....	50
Gambar 4. 4 Pembebanan Struktur Tangga .....	56
Gambar 4. 5 Bidang M Tangga .....	57
Gambar 4. 6 Bidang D Tangga.....	58
Gambar 4. 7 Pembebanan Balok Tumpuan Tangga .....	61
Gambar 4. 8 Balok Anak Atap .....	64
Gambar 4. 9 Balok Anak Lantai.....	72
Gambar 4. 10 Denah <i>Lift</i> .....	80
Gambar 5. 1 Permodelan Struktur pada ETABS2015 .....	87
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi .....	89
Tabel 5. 2 Respon Spektrum Desain.....	93
.....	94
Gambar 5. 2 Grafik Respon Spektrum Desain.....	94
Tabel 5. 3 Modal Periode dan Frekuensi .....	95

Tabel 5. 4 Berat Efektif Struktur .....	96
Tabel 5. 5 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y .....	97
Tabel 5. 6 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y .....	98
Tabel 5. 7 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul Akibat Gempa Arah X dan Arah Y .....	99
Tabel 5. 8 Modal Partisipasi Massa .....	99
Tabel 5. 9 Batas Simpangan antar Lantai .....	101
Tabel 5. 10 <i>Drift</i> Gempa Arah Y .....	103
Gambar 5. 3 Denah Pembalokan Lantai .....	105
Gambar 5. 4 Penempatan Penghubung Geser .....	110
Gambar 5. 5 Penampang Kolom Komposit K1 .....	110
Gambar 5. 6 Penampang Kolom Komposit K2 .....	114
Gambar 5. 7 Penampang Kolom Komposit K3 .....	117
Gambar 5. 8 Perencanaan <i>Shear Wall</i> .....	121
Gambar 6. 1 Sambungan anak dengan Balok Induk .....	127
Gambar 6. 2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom K1 .....	130
Gambar 6. 3 Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	131
Gambar 6. 4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom K2 .....	135
Gambar 6. 5 Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	136
Gambar 6. 7 Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	141
Gambar 6. 9 Sambungan Antar Kolom K2 .....	149
Gambar 6. 10 Sambungan Antar Kolom K3 .....	153
Gambar 6. 11 Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i> .....	157
Gambar 7. 1 Denah Pondasi .....	164

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Kota Bandar Lampung merupakan kota terbesar dan terpadat ketiga di Pulau Sumatera dengan jumlah penduduk yang diprediksi akan mencapai 19.465 rumah tangga di tahun 2020 sejak tahun 2015. Kebutuhan akan sarana dan prasarana pendukung di kota tersebut sangat diperlukan. Salah satunya adalah kebutuhan akan tempat tinggal yang terus meningkat. Sementara itu ketersediaan lahan untuk tempat tinggal di kota tersebut semakin sempit. Hal tersebut menjadi salah satu alasan bahwa di Kota Bandar Lampung akan dibangun bangunan bertingkat salah satunya Apartemen Ragom Gawi yang terletak dikawasan kota.

Perencanaan pembangunan Gedung Apartemen Ragom Gawi yang direncanakan terdiri dari 33 lantai dengan menggunakan sistem komposit baja beton pada struktur utamanya meliputi balok dan kolom.

Struktur komposit semakin banyak dipakai dalam rekayasa struktur. Dari beberapa penelitian, struktur mampu memberikan kinerja struktur yang baik dan lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan, kekakuan dan keunggulan ekonomis (Rinaldi dan Ruslailailang, 2005 dalam Arifin, 2001).

Balok komposit merupakan campuran beton dengan baja profil, dimana pada beton betulang gaya-gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh besi tulangan tetapi pada struktur komposit ini gaya-gaya tarik yang terjadi pada suatu elemen struktur dipikul oleh profil baja. Komposit balok baja dan pelat beton adalah suatu usaha dalam mendapatkan suatu konstruksi yang baik dan efisien. Keistimewaan yang nyata dalam sistem komposit adalah (1) Penghematan berat baja, (2) Penampang balok baja yang digunakan lebih kecil, (3) Kekakuan lantai meningkat, (4) Kapasitas menahan lebih besar (5) Panjang bentang untuk batang tertentu lebih besar (Salmon, Charles G. & E. Jhonson, Jhon. 1991).

Pada tugas akhir ini menggunakan peraturan SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, SNI 1729-2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural serta SNI 1727-2013 tentang tata cara pembebanan untuk rumah dan gedung.

## **1.2. Rumusan Permasalahan**

Rumusan permasalahan yang ditinjau dalam perencanaan gedung Apartemen Ragom Gawi dengan menggunakan struktur komposit baja beton, sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung pembebanan setelah modifikasi?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, tangga dan *lift*?
3. Bagaimana merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja berikut sambungan-sambungannya?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS2015?
5. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan besar beban yang dipikul dan kondisi tanah di lapangan?
6. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik?

## **1.3. Tujuan**

Secara garis besar, tujuan dari penyusunan Tugas Akhir perencanaan gedung Apartemen Ragom Gawi dengan struktur komposit baja beton adalah sebagai berikut:

1. Dapat menghitung pembebanan setelah modifikasi.
2. Dapat merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, tangga dan *lift*.
3. Dapat merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja berikut sambungan-sambungannya.
4. Dapat memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS2015.

5. Dapat merencanakan pondasi yang sesuai dengan besar beban yang dipikul dan kondisi tanah di lapangan.
6. Dapat menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang ada dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan sambungan meliputi balok kolom dan kolom-kolom saja.
2. Perencanaan gedung ditinjau dari segi teknik saja seperti: perencanaan pelat, balok anak, tangga, *lift*, balok induk, kolom dan pondasi.
3. Permodelan dan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS2015.
4. Perencanaan tidak meliputi instalasi mekanis, instalasi listrik, *plumbing* dan saluran air.
5. Perencanaan tidak meninjau segi metode pelaksanaan, analisa biaya dan arsitektural.

#### **1.5. Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan perencanaan struktur gedung komposit baja beton yang rasional dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur.
2. Mendapatkan suatu analisa dari perencanaan struktur tersebut. Sehingga dapat meminimalisasi kegagalan pada saat perencanaan.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Struktur baja komposit dalam aplikasinya dapat merupakan elemen dari bangunan, sebagai kolom, balok dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Kolom komposit dapat merupakan tabung atau pipa baja yang di dalamnya dicor beton atau baja profil yang diselubungi beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dengan dek baja bergelombang (Widiarsa dan Deskata, 2007 dalam Indrayanto, 2011).

Sistem struktur komposit terbentuk akibat interaksi antara komponen struktur baja dan beton yang karakteristik dasar masing-masing bahan dimanfaatkan secara optimal. Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah kekuatan tinggi, modulus elastisitas tinggi, serta daktilitas tinggi. Sedangkan karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah ketahanan yang baik terhadap api, mudah dibentuk dan murah (Kim, 2005 dalam Sasongko, 2011).

#### **2.2. Struktur Komposit**

Karena struktur komposit melibatkan dua macam material yang berbeda, maka perhitungan kapasitasnya tidak sesederhana bila struktur non-komposit. Karakteristik dan dimensi kedua bahan akan menentukan bagaimana pemilihan jenis profil dan pelat beton yang akan dikompositkan dan kinerja struktur (Suprobo, 2000 dalam Sasongko, 2011).

Penampang komposit mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan penampang lempeng beton dan gelagar baja yang bekerja sendiri dan dengan demikian dapat menahan beban yang lebih besar atau beban yang sama dengan lentur yang terjadi lebih kecil pada bentang yang lebih panjang. apabila untuk

mendapat aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan tebal pelat di seluruh lantai bangunan. Untuk bangunan-bangunan pencakar langit, keadaan ini memberikan penghematan yang cukup besar dalam volume bangunan (Amon, et, al, 1999 dalam Indrayanto, 2011).

### **2.2.1 Kolom komposit**

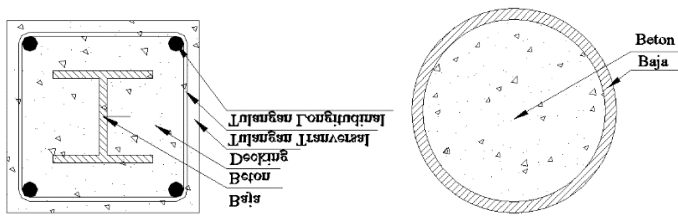
Kolom komposit didefinisikan sebagai kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (*rolled*) *built-up* dan dicor di dalam beton struktural atau terbuat dari pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jhonson, 1996).

Kolom komposit dalam pengaplikasiannya telah secara luas digunakan dalam beberapa tahun terakhir ini, terutama pada bangunan bertingkat. Awal mula pengembangan elemen kolom komposit yaitu profil baja berpenampang I yang dibungkus oleh beton yang tujuan utamanya sebagai pelindung dari api. Ada beberapa tipe dari kolom komposit yang sebagian besar digolongkan ke dalam *encased steel sections* (kolom baja berintikan beton). Untuk tipe *encased steel*, profil baja berpenampang I yang dibungkus oleh beton paling sering dijumpai (Hock dan Cheong, 2004 dalam Sasongko, 2011).

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu:

1. Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berintikan beton).
2. Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton).

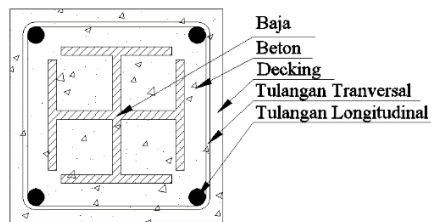




**Gambar 2. 1 Penampang Kolom Komposit**

(a) Profil Baja dibungkus Beton (b) Pipa Baja O Diisi Beton

Untuk desain kolom menggunakan tipe *King Cross* (gambar 2.2) yaitu gabungan dua profil WF yang disilangkan dan dibungkus dengan beton.



**Gambar 2. 2 Penampang Komposit Kolom *King Cross***

### 2.2.2 Balok komposit

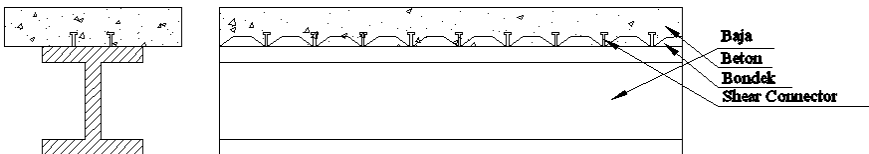
Balok adalah salah satu diantara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Hal ini akan menyebabkan balok melentur (Spiegel & Limrunner, 1998).

Besarnya retribusi momen yang terjadi pada balok menerus dipengaruhi oleh rasio perbandingan momen *ultimate* positif yang terjadi sebelum retribusi dengan kapasitas momen lentur positif penampang. Maka kecil nilai rasio momen *ultimate* positif yang terjadi sebelum retribusi dengan kapasitas momen lentur positif penampang, maka besar retribusi yang terjadi atau dengan kata lain makin besar kapasitas penampang komposit dibandingkan momen

*ultimate* pada daerah lapangan sebelum retribusi dapat dilakukan (Sugiharto, et al, 2011).

Studi kekuatan *ultimate* pada balok komposit baja beton dalam kombinasi geser dan lentur menjadi sesuatu yang menarik untuk diteliti. Salah satu eksperimen yang dilakukan pada balok komposit menerus adalah dengan mengkombinasikan lentur negatif dan geser vertikal. Dari hasil eksperimen dapat diketahui bahwa tulangan baja longitudinal pada pelat beton dapat meningkatkan kekuatan dan kekuatan dari geser vertikal balok komposit (Johnson dan Willmington, 1972 dalam Indrayanto, 2011).

Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban, seperti pada pelat dan balok baja sebagai penyangga (gambar 2.3), dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan karena tidak terpasang alat penghubung geser. Apabila balok non-komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan pelat bawah beton akan tertarik dan mengalami perpanjangan. Sedangkan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami perpendekan. Karena penghubung geser tidak terpasang pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja maka pada bidang kotak tersebut tidak ada gaya yang menahan perpanjangan serat bawah dan perpendekan serat atas (Widiarsa dan Deskata, 2007 dalam Arifin, 2011).



**Gambar 2. 3 Balok Komposit dengan Pelat Bondek**

### **2.2.3 Pelat komposit**

Dalam Kajian Analisis Dan Eksperimental Dek Baja Bergelombang sebagai Elemen Pembentuk Pelat Komposit, menyatakan keuntungan yang dimiliki oleh pelat komposit ini

dibandingkan dengan pelat beton bertulang biasa adalah kekakuan dek baja cukup tinggi sehingga memerlukan sedikit penyangga pada waktu pengecorannya, dapat menghemat jumlah pemakaian adukan beton karena memiliki ketebalan yang tipis, menghemat biaya dan waktu karena dek baja berfungsi sebagai *formwork* untuk pengecoran adukan beton dan dek baja bergelombang dapat dimanfaatkan sebagai tulangan tarik sehingga kebutuhan akan tulangan tarik dapat dikurangi, pelat baja bergelombang juga memiliki keterbatasan penggunaan dalam jenis pelat dek komposit (Lubis dan Priod, 1991 dalam Arifin 2011).

### **2.3. Gempa**

Lokasi Gedung Apartemen Ragom Gawi dengan struktur komposit baja beton yang akan dibangun adalah di Kota Bandar Lampung. Ada beberapa tinjauan mengenai perhitungan gempa yang perlu diperhatikan untuk mengetahui kriteria desain yang cocok untuk perhitungan struktur gempa.

#### **2.3.1 Faktor keutamaan gempa**

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung apartemen masuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1,0.

**Tabel 2. 1 Kategori Resiko Gedung Apartemen**

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II

**Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa**

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

### 2.3.2 Definisi kelas situs

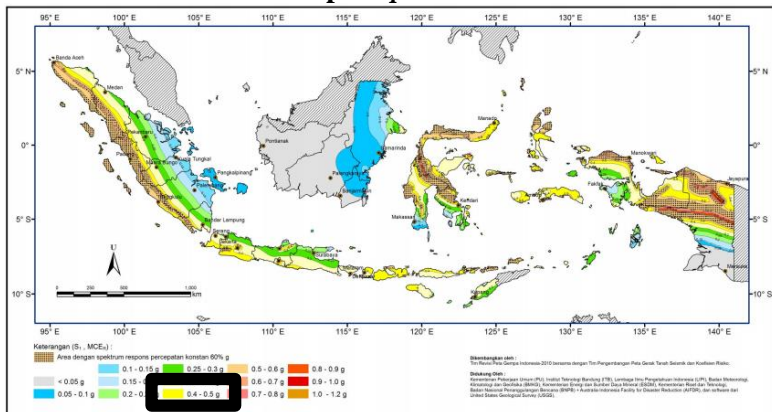
Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang di dapat dari proses pengumpulan data dimana gedung akan direncanakan.

**Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs**

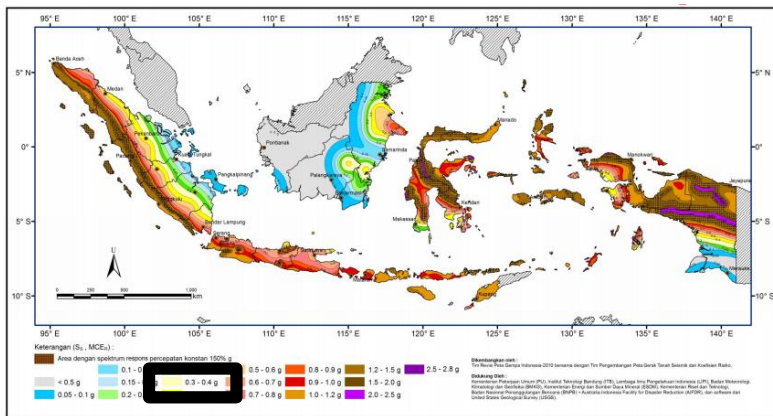
Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa			
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

### 2.3.3 Parameter respon *spectral*



**Gambar 2. 4  $S_s$  (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda pendek 0,2 detik)**



**Gambar 2. 5 S1 (parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik)**

Dalam penentuan respon *spectral* percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor aplikasi *seismic* pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan geataran perioda pendek ( $F_a$ ) dan perioda 1 detik ( $F_v$ ), parameter spektrum respon percepatan perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) yang sesuai dengan pengaruh klasifikasi situs. Dari perhitungan tersebut nantinya akan ditentukan kategori resiko dan sistem penahan gaya seismik untuk perencanaan gedung apartemen.

### 2.3.4 Koefisien situs

**Tabel 2. 4 Koefisien Situs,  $F_a$**

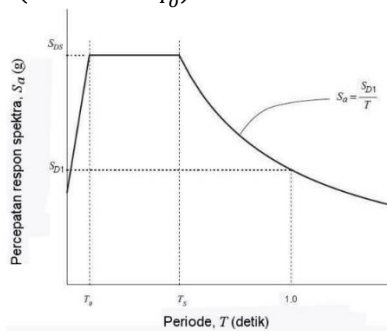
Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

**Tabel 2. 5 Koefisien Situs, Fa**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

### 2.3.5 Respon spektra desain

$$S_a = S_{DS} \cdot \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right)$$

**Gambar 2. 6 Respon Spektra Desain**

### 2.3.6 Kategori desain seismik

**Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik Fa Periode 0,2 detik**

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Fv Periode 1 detik**

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D



### 2.3.7 Sistem penahan gaya seismik

**Tabel 2. 8 Faktor R, Cd dan  $\Omega_0$  Sistem Penahan Gaya**

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>	
<b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan</b>									
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB	
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI	
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB	

### 2.4. Sambungan Geser

Secara umum, profil I dengan penghubung geser dan sambungan las mengalami kegagalan pada daerah sekitar penghubung geser dan keruntuhan pada beton, bukan daerah las. Penghubung geser tipe stud dapat memberikan tahanan yang lebih kuat dari penghubung geser tipe “L” sebelum profil I mengalami kegagalan. Semakin besar mutu beton yang dipakai pada struktur komposit, maka semakin kuat pula struktur komposit tersebut (Lahamukang, et al., 2014).

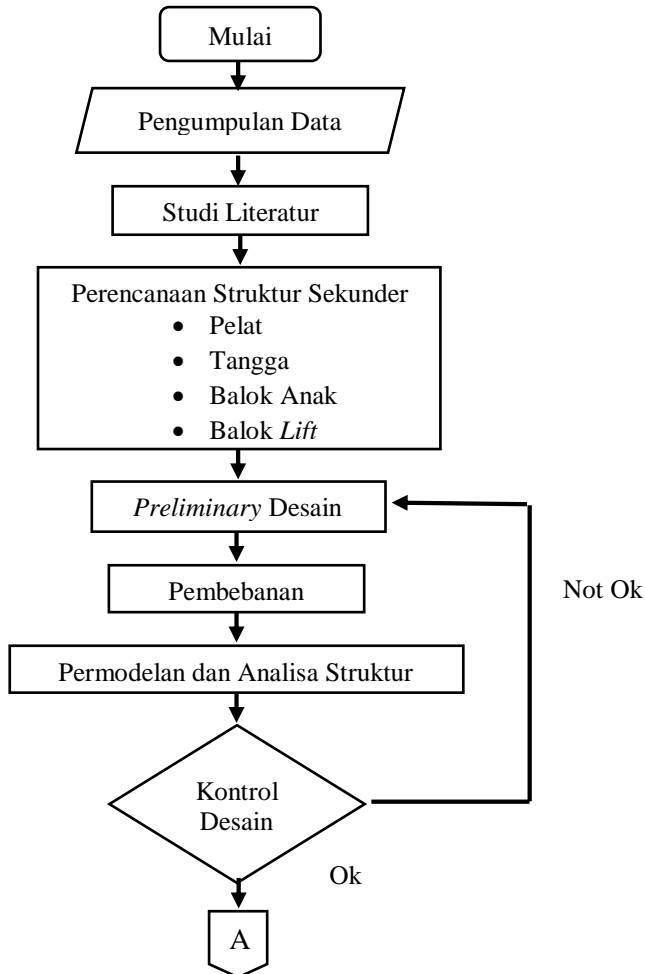
Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi selip pada saat layan. Besarnya gaya geser horizontal yang harus dipikul oleh penghubung geser diatur dalam SNI 1729:2015 Pasal I6.3b.

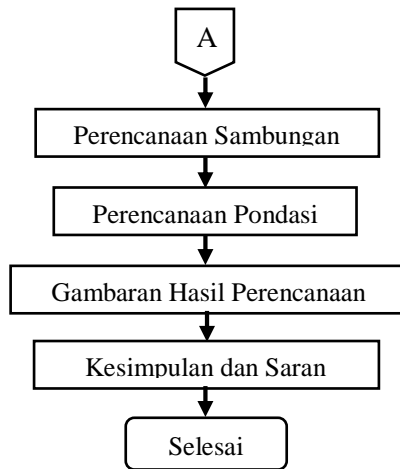
## 2.5. Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak, dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain: pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), pondasi *caisson* dan lain sebagainya (Herman, 1999).

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Badan Alir Penyelesaian Tugas Akhir





**Gambar 3.1 Sistematika Metodologi Penulisan Tugas Akhir**

### **3.2. Mengumpulkan Data yang Berkaitan dengan Perencanaan**

Mempelajari gambar eksisting sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan perencanaan. Mempelajari data-data perencanaan secara keseluruhan yang mencakup :

- Data umum bangunan (kondisi awal)
  1. Nama Gedung : *Capitol Park Residence*
  2. Lokasi : Menteng, Jakarta Pusat
  3. Fungsi : Apartemen
  4. Jumlah Lantai : 33 Lantai + Atap
  5. Panjang Bangunan : 67 m
  6. Lebar Bangunan : 49 m
  7. Tinggi Bangunan : 113,5 m
  8. Struktur Gedung : Struktur Beton Bertulang
- Data umum bangunan perencanaan
  1. Nama Gedung : Apartemen Ragom Gawi

- 2. Lokasi : Bandar Lampung
- 3. Fungsi : Apartemen
- 4. Jumlah Lantai : 33 Lantai + Atap
- 5. Panjang Bangunan : 66,5 m ; 17,5 m
- 6. Lebar Bangunan : 17,5 m ; 36 m
- 7. Tinggi Bangunan : 112,2 m
- 8. Struktur Gedung : Komposit Baja Beton
- 9. Mutu Beton :  $f'_c$  30
- 10. Mutu Baja : BJ 41
- 11. Bondek : Tebal 0,75 mm
- 12. Kelas Situs : Terlampir

### 3.3. Studi Literatur

Mencari literatur dan peraturan-peraturan gedung (*building code*) yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Adapun beberapa literatur serta peraturan gedung tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

- a. *Structural Steel Design, LRFD Method* : “Jack C. McCormac”
- b. *Structural Steel Design, LRFD Approach* : “J.C. Smith”
- c. *Steel Structure and Behavior, LRFD* : “Charles G salmon & Jhon E Jhonson”
- d. SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
- e. SNI 1727-2013 tentang Tata Cara Pembebanan untuk Rumah dan Gedung
- f. SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
- g. SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural

### 3.4. Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder selalu didahulukan dari pada struktur primer. Hal tersebut disebabkan oleh struktur sekunder akan meneruskan beban yang ada ke struktur primer. Adapun struktur sekunder yang akan direncanakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan Tangga Baja Mengacu pada SNI 1729-2015 Pasal B4 dan Pasal F

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal B4.1, penampang yang mengalami tekukmlokal diklasifikasikan sebagai elemen nonlansing penampang elemen lansing. Untuk profil elemen nonlansing, rasio tebal terhadap lebar dari tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  dari Tabel B4.1. jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$  , disebut penampang dengan elemen-lansing.

$$\lambda_r = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.1)$$

Untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang kompak, nonkompak atau penampang elemen-lansing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dengan rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya,  $\lambda_r$  dari Tabel B4.1b. jika rasio tebal terhadap lebar dari satu atau lebih dari elemen tekan melebihi  $\lambda_r$  disebut penampang dengan elemen-lansing.

$$\lambda_r = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ dan } \lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.2)$$

Keterangan :

$E$  = modulus elastisitas baja (200.000 MPa)

$F_y$  = tegangan lelehminimum yang disyaratkan, MPa

- b. Perencanaan Pelat Lantai Komposit Mengacu pada SNI 1729-2015 Pasal I3 dan I4

Berdasarkan SNI 1729-2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh (momen plastis) dan tekuk lateral:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.3)$$

$$\phi_b = 0.90 \text{ (DBFK)} \quad (3.4)$$

Keterangan:

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, Mpa

$Z_x$  = modulus penampang plastis sumbu x, mm<sup>3</sup>

2. Tekuk Torsi Lateral

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas tekuk lateral tidak boleh digunakan

b) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.5)$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (3.6)$$

c)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.7)$$

Keterangan :

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibresing, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibresing, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibresing, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari sumbu segmen tanpa dibresing, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibresing melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibresing melawan punter penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C b \pi E}{\left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x H_o} \left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.8)$$

Keterangan :

$E$  = modulus elastisitas baja (200.000 Mpa)

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$H_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal ( $M_n$ ), harus ditentukan dengan menggunakan salah satu metode berikut:

- a) Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penompangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).
- b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.  
 $\phi_b = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad (3.9)$
- c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus beton, angkur baja harus disediakan.

Berdasarkan SNI 1729-2015 pasal I4.1, kekuatan desain geser,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:



- a) Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729-2015 pasal G2:

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad (3.10)$$

Untuk badan komponen struktur profil I canai panas dengan

$$\phi_v = 0.90 \text{ (DBFK)} \quad (3.11)$$

dan  $C_v = 1.0$

- b) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75 \text{ (DBFK)} \quad (3.12)$$

- c) Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729-2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI dengan kombinasi ketahanan atau faktor keamanan dari

$$\phi_b = 0.75 \text{ (DBFK)} \quad (3.13)$$

- c. Perencanaan Pelat Atap Komposit Mengacu pada SNI 1729-2015 Pasal I3 dan I4

Perencanaan pelat atap komposit mengacu pada pasal yang sama dengan pelat lantai komposit seperti yang sudah dijelaskan di atas.

- d. Perencanaan Balok Anak Komposit Mengacu pada SNI 1729-2015 Pasal I3

Perencanaan balok anak komposit mengacu pada SNI 1729-2015 Pasal I3 seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit di atas.

- e. Perencanaan Balok *Lift* Komposit Mengacu pada SNI 1729-2015 Pasal I3

Perencanaan balok *lift* komposit mengacu pada SNI 1729-2015 Pasal I3 seperti yang sudah dijelaskan pada perencanaan pelat lantai komposit di atas.

### 3.5. *Preliminary Desain*

#### 3.5.1. *Preliminary desain balok*

$$Z_p = \frac{M_u}{\phi f_y} \quad (3.14)$$

Dari nilai  $Z_p$  ini akan didapat rencana awal dimensi balok, dimana :

$M_u$  = momen *ultimate* beban

$\phi$  = faktor reduksi lentur

$Z_p$  = momen tahan plastis

$F_y$  = tegangan leleh baja

#### 3.5.2. *Preliminary dimensi kolom*

$$A = \frac{P_u}{\phi f_y} \quad (3.15)$$

Dari nilai  $A$  ini akan didapat rencana awal dimensi kolom dimana:

$P_u$  = gaya aksial

$\phi$  = faktor reduksi lentur

$F_y$  = tegangan leleh baja

$A$  = luas penampang

### 3.6. *Pembebanan*

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan pada SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012. Pembebanan tersebut antara lain:

### 3.6.1. **Beban mati**

Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur, dinding, pelat, serta berat peralatan lainnya (SNI 1727-2013 Pasal 3.1.1).

### 3.6.2. **Beban hidup**

Beban hidup untuk beban atap datar adalah 0.96 kN/m<sup>2</sup>, 4,79 kN/m untuk beban tangga, 1.44 kN/m<sup>2</sup> untuk beban lantai (hunian) dan 0.72 kN/m<sup>2</sup> untuk beban partisi.

### 3.6.3. **Beban angin**

Berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 27.4.1, tekanan angina desain untuk SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$p = q G C_p - q_i (G C_{pi}) \text{ (lb/ft)(N/m}^2\text{)} \quad (3.16)$$

dimana,

$q$  =  $q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  diatas permukaan tanah

$q$  =  $q_h$  untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping dan atap diukur pada ketinggian  $h$

$q_i$  =  $q_i$  untuk dinding di sisi angina datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i$  =  $q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak, harus

diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727-2013 Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$ , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i = q_h$ )

$G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727-2013 Pasal 26.9

$C_p$  = koefisien tekanan internal dari SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.4-3

$(GC_{pi})$  = koefisien tekanan internal dari SNI 1727-2013 Tabel 26.11-1

$q$  dan  $q_i$  harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam SNI 1727-2013 Pasal 26.7.3. Tekanan harus ditetapkan secara bersamaan pada dinding di sisi angin datang dan di sisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727-2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, 27.4-3.

#### 3.6.4. Beban gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012, beban gempa yang digunakan harus sesuai dengan percepatan respon spektrum yang terjadi. Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :  $(h_x)^k$

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.17)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x (h_x)^k}{\sum_{i=1}^n w_i (h_i)^k} \quad (3.18)$$

Keterangan ;

$C_v$  = faktor distribusi vertikal

$V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

$w_i$  dan  $w_x$  = bagian berat seismic efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$  (m)

- $k$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:
- i. untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0.5 detik atau kurang,  $k = 1$
  - ii. untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2.5 detik atau lebih,  $k = 2$
  - iii. untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0.5 detik dan 2.5 detik,  $k$  harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier anatar 1 dan 2.

### 3.6.5. Beban tanah

Berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 3.2.1, perancangan struktur di bawah tanah harus memperlihatkan tekanan tanah lateral tanah sampingnya dengan beban lateral minimum yang diberikan sesuai dengan SNI 1727-2013 Tabel 3-1.

Besarnya tegangan tanah secara umum adalah sebagai berikut:

- Tegangan tanah aktif:

$$\sigma = K a_{\gamma} \times \gamma \times z_1 + K a_q \times q_1 - K a_c \times c \quad (3.19)$$

- Tegangan tanah pasif :

$$\sigma = K p_{\gamma} \times \gamma \times z_1 + K a_q \times q_2 - K p_c \times c \quad (3.20)$$

### 3.6.6. Beban kombinasi

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.2.1, kekuatan perlu  $U$  harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan dibawah ini. Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa.

$$1) U = 1,4 D \quad (3.21)$$

$$2) U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_f \text{ atau } R) \quad (3.22)$$

$$3) U = 1,2 D + 1,6 (L_f \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W) \quad (3.23)$$

$$4) U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (L_f \text{ atau } R) \quad (3.24)$$

$$5) U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L \quad (3.25)$$

$$6) U = 0,9 D + 1,0 W \quad (3.26)$$

$$7) U = 0,9 D + 1,0 E \quad (3.27)$$

### 3.7. Permodelan Struktur

#### 3.7.1. Analisa model struktur

Untuk mengetahui gaya dalam yang timbul pada elemen struktur akibat beban yang bekerja, maka dilakukan analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS2015. Pembebanan gempa sesuai SNI 1726-2012 diatur menggunakan analisa respon dinamik.

#### 3.7.2. Analisa struktur primer komposit

Berdasarkan SNI 1726-2015 Pasal I, langkah-langkah perencanaan struktur komposit baja beton sebagai berikut:

➤ Gaya Aksial

a. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan desain,  $\phi_c P_n$ , komponen struktur komposit terbungkus beton yang dibebani secara aksial simetri ganda harus ditentukan untuk keadaan batas dari tekuk lentur berdasarkan kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\phi_c = 0.75 \text{ (LFRD)} \quad (3.28)$$

a) Bila  $\frac{P_{no}}{P_e} \leq 2,25$

$$P_n = P_{no} \left[ 0.658^{\left( \frac{P_{no}}{P_e} \right)} \right] \quad (3.29)$$

b) Bila  $\frac{P_{no}}{P_e} > 2,25$

$$P_n = 0.877 P_e \quad (3.30)$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} P_{no} &= F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c \quad (3.31) \\ P_e &= \text{beban tekuk kritis elastis ditentukan menurut} \\ &\quad \text{SNI 1729-2015 Pasal C atau Lampiran 7, kips (N)} \\ &= \pi^2 (E I_{eff}) / (KL) \end{aligned}$$

- $A_c$  = luas beton, mm<sup>2</sup>  
 $A_s$  = luas penampang baja, mm<sup>2</sup>  
 $E_c$  = modulus elastisitas beton ( $0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'c}$ )  
 $E I_{eff}$  = kekakuan efektif penampang komposit, N-mm<sup>2</sup>  
 $= E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c$   
 $C_1$  = koefisien untuk perhitungan kekakuan dari suatu komponen struktur tekanan komposit terbungkus beton  
 $= 0.1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3$   
 $E_s$  = modulus elastisitas baja (200.000 MPa)  
 $F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari penampang baja, MPa  
 $F_{ysr}$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari batang tulangan, MPa  
 $I_c$  = momen inersia penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang komposit, mm<sup>4</sup>  
 $I_s$  = momen inersia penampang profil baja di sumbu netral elastis dari penampang komposit, mm<sup>4</sup>  
 $I_{sr}$  = momen inersia penampang batang tulangan di sumbu netral elastis dari penampang komposit, mm<sup>4</sup>  
 $K$  = faktor panjang efektif  
 $L$  = panjang tanpa bresing secara lateral dari komponen struktur, mm  
 $f'c$  = kekuatan beton yang disyaratkan  
 $w_c$  = berat beton per unit volume ( $1500 \leq w_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ )
- b. Kekuatan Tarik  
 Kekuatan tarik yang tersedia dari komponen struktur terbungkus beton yang dibebani secara aksial harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut:

$$P_{no} = F_y A_s F_{ysr} A_{sr} \quad (3.32)$$

$$\phi_t = 0.9 \text{ (LFRD)} \quad (3.33)$$

c. Persyaratan Pendetailan

Spasi bersih antara inti baja dan tulangan longitudinal harus diambil minimum sebesar 1.5 diameter tulangan, tetapi tidak lebih kecil dari 1.5 in (38 mm).

➤ Lentur

Lebar efektif pelat beton harus diambil dari jumlah lebar efektif untuk setiap sisi sumbu balok, masing-masing yang tidak melebihi:

- 1) Seperdelapan dari bentang balok, pusat ke pusat tumpuan
- 2) Setengah jarak ke sumbu dari balok, pusat ke pusat tumpuan
- 3) Jarak ke tepi dari pelat

a. Kuat Lentur Positif

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal I3.3 dan Pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi lateral:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.34)$$

$$\phi_b = 0.9 \text{ (DBFK)} \quad (3.35)$$



Keterangan :

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, Mpa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu  $x$ , mm<sup>3</sup>

## 2. Tekuk Torsi Lateral

a. Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas tekuk lateral tidak boleh digunakan

b. Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.36)$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (3.37)$$

c.  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.38)$$

Keterangan :

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibresing, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibresing, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibresing, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari sumbu segmen tanpa dibresing, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibresing melawan perpindahan lateral

sayap tekan atau dibresing melawan  
puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C b \pi E}{\left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x H_o} \left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.39)$$

Keterangan:

$E$  = modulus elastisitas baja (200.000 Mpa)

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$H_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah  
seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal ( $M_n$ ), harus  
ditentukan dengan menggunakan salah satu  
metode berikut:

- a) Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penompangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).
- b) Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.

$$\phi_b = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad (3.40)$$

- c) Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk komponen struktur terbungkus beton, angkur baja harus disediakan.

b. Kuat Lentur Negatif

Kekuatan lentur negatif tersedia harus ditentukan untuk penampang baja sendiri, menurut persyaratan SNI 1729-2015 Pasal F :

Kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi lateral:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.41)$$

$$\phi_b = 0.9 \text{ (DBFK)} \quad (3.42)$$

Keterangan:

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, Mpa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu  $x$ , mm<sup>3</sup>

2. Tekuk Torsi Lateral

a. Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas tekuk lateral tidak boleh digunakan

b. Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.43)$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (3.44)$$

c.  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.45)$$

Keterangan:

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibresing, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibresing, N-mm

- $M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibresing, N-mm  
 $M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari sumbu segmen tanpa dibresing, N-mm  
 $L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibresing melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibresing melawan punter penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C b \pi E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x H_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.46)$$

Keterangan:

- $E$  = modulus elastisitas baja (200.000 Mpa)  
 $J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>  
 $S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>  
 $H_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm  
 $r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Alteratif, kekuatan lentur negatif yang tersedia harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit, untuk keadaan batas leleh (momen plastis), dimana

$$\phi_t = 0.9 \text{ (LFRD)} \quad (3.47)$$

Asalkan batasan yang berikut dipenuhi:

- 1) Balok baja adalah penampang kompak dan dibresing secara cukup menurut SNI 1729-2015 Pasal F
- 2) *Steel head stud* atau angkur kanal baja yang menggabungkan pelat ke balok baja pada daerah momen negatif.

- 3) Tulangan pelat yang paralel pada balok baja, di lebar efektif pelat, diperhitungkan dengan tepat.

➤ Geser

- a. Komponen Struktur Komposit Terisi dan Terbungkus Beton

Kekuatan geser desain,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan dari yang berikut:

- a) Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729-2015 pasal G2 :

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad (3.48)$$

Untuk badan komponen struktur profil I canai panas dengan

$$\phi_v = 0.90 \text{ (DBFK)} \quad (3.49)$$

dan  $C_v = 1.0$

- b) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75 \text{ (DBFK)} \quad (3.50)$$

- c) Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729-2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318

dengan kombinasi ketahanan atau faktor keamanan dari

$$\phi_b = 0.75 \text{ (DBFK)} \quad (3.51)$$

b. Balok Komposit dengan Dek Baja Berlekuk

Kekuatan geser yang tersedia dari balok komposit dengan *steel head stud* atau angkur kanal baja harus ditentukan berdasarkan properti dari penampang baja sendiri menurut SNI 1729-2015 Pasal G.

➤ Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial

Interaksi antara lentur dan gaya aksial pada komponen struktur komposit harus memperhitungkan stabilitas seperti disyaratkan oleh SNI 1729-2015 Pasal C. kekuatan tekan yang tersedia dan kekuatan lentur yang tersedia harus ditentukan seperti dijelaskan dalam SNI 1729-2015 Pasal I2 dan I3. Untuk menghitung dari pengaruh efek panjang pada kekuatan aksial komponen struktur, kekuatan aksial nominal komponen struktur harus ditentukan menurut SNI 1729-2015 Pasal I2.

Untuk komponen struktur komposit dibungkus beton dan komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang kompak, interaksi gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi SNI 1729-2015 Pasal H1.1 atau satu dari metode seperti dijelaskan SNI 1729-2015 Pasal I1.2.

Untuk komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang nonkompak atau penampang langsing, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus didasarkan persamaan pada SNI 1729-2015 Pasal H1.1.

➤ **Angkur Baja**

Untuk beton normal, angkur *steel head stud* yang hanya menahan geser tidak boleh kecil dari lima diameter batang dalam panjang dari dasar *steel head stud* ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur *steel head stud* yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik tidak boleh lebih kecil dari delapan diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan.

### **3.8. Kontrol Desain**

Setelah melakukan analisa struktur bangunan, tahap selanjutnya yaitu kita mengontrol desain meliputi kolom, balok dan juga perhitungan sambungan dimana hasil dari kontrol tersebut akan kita jadikan acuan apakah desain yang sudah kita rencanakan telah sesuai dengan syarat-syarat perencanaan, peraturan angka keamanan dan efisiensi. Apabila telah memenuhi, maka dapat diteruskan ke tahap selanjutnya. Sedangkan, apabila tidak memenuhi maka akan dilakukan desain ulang.

### **3.9. Perencanaan Sambungan**

#### **3.9.1. Sambungan las**

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal J2.4, kekuatan desain,  $\phi R_n$  dari *joint* yang dilas harus merupakan nilai terendah dari kekuatan material dasar yang ditentukan menurut keadaan batas dari keruntuhan tarik dan keruntuhan berikut ini:

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.52)$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.53)$$

Keterangan:

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, MPa

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam las, MPa

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar, mm<sup>2</sup>

$A_{we}$  = luas efektif las, mm<sup>2</sup>

Nilai  $\phi$ ,  $F_{nBM}$ ,  $F_{nBM}$ , serta batasannya diberikan pada SNI 1729-2015 Tabel J2.5.

### 3.9.2. Sambungan baut

#### a. Baut Tipe Tumpu

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal J3.7, kekuatan tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut :

$$R_n = F'_{nt} A_b \quad (3.54)$$

$$\phi = 0,75 \text{ (DBFK)} \quad (3.55)$$

Keterangan:

$F'_{nt}$  = tegangan tarik normal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, MPa

$$= 1.3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F_{nt}$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari SNI 1729-2015 Tabel J3.2, MPa



$F_{nv}$  = tegangan geser dari SNI 1729-2015 Tabel J3.2, MPa

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban *DBFK*, MPa

Tegangan geser yang tersedia dari sarana penyambung sama dengan atau melebihi tegangan geser yang diperlukan,  $f_{rv}$ .

- b. Baut Kekuatan Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip  
Ketahanan slip yang tersedia untuk keadaan batas dari slip harus ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = \mu D_u h_f T_b n_e \quad (3.56)$$

- a) Untuk lubang ukuran standar dan lubang slot-pendek yang tegak lurus terhadap arah dari beban.

$$\emptyset = 1,00 \text{ (DBFK)} \quad (3.57)$$

- b) Untuk lubang ukuran-berlebih dan lubang slot-pendek yang paralel terhadap arah dari beban.

$$\emptyset = 0,85 \text{ (DBFK)} \quad (3.58)$$

- c) Untuk lubang slot-panjang.

$$\emptyset = 0,70 \text{ (DBFK)} \quad (3.59)$$

Keterangan :

$\mu$  = koefisien slip-rata untuk permukaan kelas A atau B yang sesuai, dan ditentukan sebagai berikut, atau seperti ditetapkan oleh pengujian.

$D_u$  = 1,13; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik minimum yang disyaratkan.

Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh Insinyur yang memiliki izin kerja sabagai perencana.

$T_b$  = gaya tarik minimum sarana penyambung yang diberikan SNI 1729-2015 Tabel J3.1, kips, atau J3.1M, kN

$h_f$  = faktor untuk mengisi, ditentukan sebagai berikut :

- i Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi  $h_f = 1.00$
- ii Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi :
  - a) Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung  $h_f = 1.00$
  - b) Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung  $h_f = 0,85$

$n_s$  = jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip

### 3.10. Perencanaan Pondasi

Dalam tahap ini akan dilakukan perencanaan tiang pancang dan *pile cap* yang mampu menahan struktur atas gedung. Data yang diperoleh dan data yang digunakan dalam merencanakan pondasi adalah data tanah berdasarkan hasil *Standart Penetration Test (SPT)*.

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan lekatan tanah disekeliling tiang pondasi ( $Q_s$ ).

Langkah-langkah dalam menghitung gaya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT adalah sebagai berikut:

1. Koreksi SPT tanah terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan bila  $N > 15$  :

$$a) N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15) \text{ (Terzaghi \& Peck, 1960)} \quad (3.60)$$

$$b) N_1 = 0,6 N \quad \text{(Bazaara)} \quad (3.61)$$

Harga yang dipilih adalah harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua persamaan di atas. Untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar dan bila  $N \leq 15$ , tidak ada koreksi ( $N_1 = N$ ).

2. Daya dukung 1 tiang pancang :

$$Q_L = Q_p + Q_p \quad (3.62)$$

$$= C_n \times A_{ujung} + \sum C_{li} + A_{si}$$

$$= 40N \times A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} \times A_{si}$$

dengan

$N$  = harga rata-rata  $N_2$  dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang

$A_{si}$  = luas selimut tiang pada segmen  $I = O_i \times h_i$

$C_{li} = f_{si} = N/2 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah lempung/lanau

$= N/5 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah pasir

$$P_{1 \text{ Tiang}} = \frac{Q_1}{SF} \longrightarrow SF = 3 \quad (3.63)$$

Dalam penggunaan pondasi tiang kelompok terjadi repartisi beban-beban yang bekerja pada tiang pancang. Untuk menghitung repartisi beban tersebut adalah sebagai berikut :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i)^2} \quad (3.64)$$

Dimana  $X_i$  &  $Y_i$  adalah koordinat sebuah tiang pancang, dengan total  $n$  tiang.

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan di sekeliling tiang. Sehingga perlu memperhitungkan jarak antar tiang dalam pondasi grup. Sebaiknya jarak minimum antar tiang dalam grup adalah 2 s/d 3 diameter tiang. Selanjutnya perlu melakukan korelasi antara daya dukung 1 tiang dengan daya dukung tiang grup menggunakan koefisien  $C_e$  :

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times C_e \quad (3.65)$$

Sehingga dapat dilakukan kontrol kekuatan tiang pancang dengan:  $P_v \text{ maks} < Q_L (\text{group})$

### 3.11. Gambaran Hasil Perencanaan

Penggambaran hasil perencanaan akan dituangkan dalam bentuk gambar teknik menggunakan program bantu AutoCad

## BAB IV

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1 Perencanaan Struktur Lantai

Pada perencanaan struktur lantai direncanakan pelat lantai menggunakan bondek, dimana dalam perencanaan ini digunakan dari PT. Sarana Steel.

##### 4.1.1 Pelat atap

Digunakan pelat bondek dengan tebal = 0,75 mm

##### ➤ Pembebanan

a. Beban *Superimposed* (Berguna)

Beban *Finishing*

- Rangka + Plafon  $= 7 \text{ kg/m}^2$
- Plafon  $= 11 \text{ kg/m}^2$
- Perpipaan  $= 25 \text{ kg/m}^2 +$   
 $= 43 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

- Atap (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)  $= 0,96 \text{ kN/m}^2$   
 $= 96 \text{ kg/m}^2$

Beban *Superimposed* (Berguna)

= beban *finishing* + beban hidup

$$= 43 \text{ kg/m}^2 + 96 \text{ kg/m}^2 = 139 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga didapatkan data-data sebagai berikut:

- bentang (span)  $= 3,5 \text{ m}$
- tebal pelat beton  $= 11 \text{ cm}$
- tulangan negatif  $= 2,9 \text{ cm}^2/\text{m}$
- direncanakan memakai tulangan dengan  $\emptyset = 10 \text{ mm}$  ( $A_s = 0,79 \text{ cm}^2$ )
- banyaknya tulangan yang diperlukan tiap 1 m  
 $= \frac{A}{A_s} = \frac{2,9}{1,13} = 3,69 \text{ buah} = 4 \text{ buah}$
- jarak antar tulangan (s)

$$= \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Jadi, dipasang tulangan tarik Ø 10-250

b. Beban Mati

- Pelat lantai bodek  $= 8,08 \text{ kg/m}^2$
- Pelat beton  $t = 11$   $= \frac{264 \text{ kg/m}^2}{+}$   
 $= 272,08 \text{ kg/m}^2$

#### 4.1.2 Pelat Lantai 1- 33 tipikal

Digunakan pelat bondek dengan tebal = 0,75 mm

##### ➤ Pembebanan

a. Beban *Superimposed* (Berguna)

Beban *Finishing*

- Adukan lantai  $t = 1 \text{ cm}$   $= 21 \text{ kg/m}^2$
- Lantai keramik  $t = 1 \text{ cm}$   $= 24 \text{ kg/m}^2$
- Rangka + Plafon  $= 7 \text{ kg/m}^2$
- Rangka  $= 11 \text{ kg/m}^2$
- Perpipaan  $= \frac{25 \text{ kg/m}^2}{+}$   
 $= 88 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

- Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)  $= 1,44 \text{ kN/m}^2$   
 $= 144 \text{ kg/m}^2$

Beban *Superimposed* (Berguna)

= beban *finishing* + beban hidup

$$= 88 \text{ kg/m}^2 + 144 \text{ kg/m}^2 = 232 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan satu baris penyangga didapatkan data-data berikut :

- bentang (span)  $= 3,50 \text{ m}$
- tebal pelat beton  $= 11 \text{ cm}$
- tulangan negatif  $= 3,9 \text{ cm}^2/\text{m}$
- direncanakan memakai tulangan dengan Ø = 12 mm ( $A_s = 1,13 \text{ cm}^2$ )
- banyaknya tulangan yang diperlukan tiap 1 m  
 $= \frac{A}{A_s} = \frac{3,9}{1,13} = 3,1 \text{ buah} = 4 \text{ buah}$
- jarak antar tulangan (s)

$$= \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Jadi, dipasang tulangan tarik Ø 12-250

b. Beban Mati

- Pelat lantai bondek  $= 8,08 \text{ kg/m}^2$
- Pelat beton  $t = 11 \text{ cm}$   $= 264 \text{ kg/m}^2$
- $= 272,08 \text{ kg/m}^2$

## 4.2 Perencanaan Tangga

### 4.2.1 Tangga lantai 1-33 tipikal

Ketinggian antar lantai	$= 340 \text{ cm}$
Tinggi bordes	$= 170 \text{ cm}$
Tinggi injakan (t)	$= 18 \text{ cm}$
Lebar injakan (i)	$= 25 \text{ cm}$
Jumlah tanjakan ( $\Sigma t$ )	$= \frac{170}{18} = 9,44 \approx 10 \text{ buah}$
Lebar bordes	$= 120 \text{ cm}$
Panjang bordes	$= 270 \text{ cm}$
Lebar tangga	$= 120 \text{ cm}$
Sudut kemiringan	$= \arctan \frac{170}{220} = 37,69^\circ$

a. Persyaratan Tangga

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i < 65 \text{ cm}$$

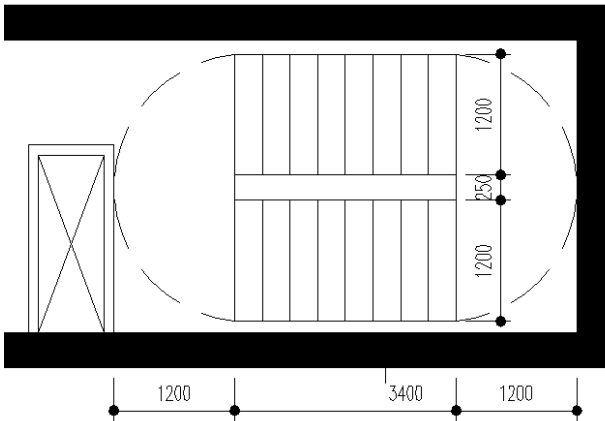
$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 18) + 25 < 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 61 \text{ cm} < 65 \text{ cm}$$

b. Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 37,69^\circ \leq 40^\circ$$



**Gambar 4. 1 Denah Tangga**

#### 4.2.2 Perencanaan pelat anak tangga

Tebal anak tangga = 3 mm

Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$

Mutu baja Bj 41 Tegangan leleh baja =  $2500 \text{ kg/m}^2$

##### a. Pembebanan

###### 1. Beban mati

$$\text{Pelat anak tangga} = 0,003 \times 1,2 \times 7850 = 28,26 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 28,26 \\ &= \underline{2,83 \text{ kg/m}} + \\ &= 31,09 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

###### 2. Beban hidup

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$= 479 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m}$$

$$= 575 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \times 31,09 + 1,6 \times 575$$

$$= 956,98 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{8} \times 956,98 \times (0,25^2) \\
 &= 7,48 \text{ kgm} = 748 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

**b. Kontrol Momen Lentur**

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 120 (0,3^2) = 2,7 \text{ cm}^3$$

$$M_n = F_y Z_x = 2500 \times 2,7 = 6750 \text{ kgcm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \quad \phi = 0,90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \quad 0,90 \times 6750 \geq 762$$

$$6075 \text{ kgcm} > 762 \text{ kgcm}$$

**c. Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{25}{360} = 0,069 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{E I_x}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times (0,3^3) = 0,27 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(0,311 + 5,86) \times 25^4}{2 \times 10^6 \times 0,27} = 0,057 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,057 \text{ cm} < 0,069 \text{ cm}$$

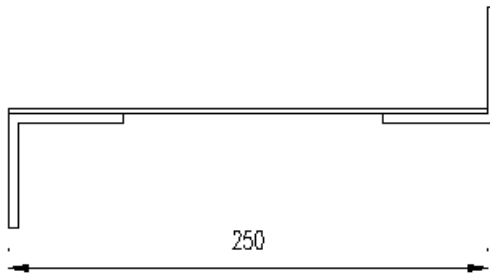
### 4.2.3 Perencanaan penyangga pelat injak

Direncanakan memakai profil siku 60 x 60 x 5, dengan data sebagai berikut:

$$W = 4,55 \text{ kg/m} \quad t_w = 5 \text{ mm} \quad i_y = 1,84 \text{ cm} \quad Z_x = 4,52 \text{ cm}^3$$

$$A = 5,802 \text{ cm}^2 \quad r = 6,5 \text{ mm} \quad I_x = 19,6 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 4,52 \text{ cm}^3$$

$$b = 60 \text{ mm} \quad i_x = 1,84 \text{ cm} \quad I_y = 19,6 \text{ cm}^4$$



**Gambar 4. 2 Potongan Melintang Anak Tangga**

**a. Pembebanan**

1. Beban mati

$$\text{Pelat anak tangga} = 0,003 \times \frac{1}{2} 0,25 \times 7850 = 2,94 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Profil L60 x 60 x 5} &= 4,55 \text{ kg/m} + \\ &= 7,49 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 7,49 \\ &= 0,75 \text{ kg/m} + \\ &= 8,24 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{8} q_D \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 8,24 \times 1,2^2 \\ &= 1,48 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Beban hidup

$$P_L = 100 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned} M_L &= R_A \left( \frac{1}{2} L \right) - P \left( \frac{1}{6} L \right) \\ &= 100 \times 0,6 - 100 \times 0,2 \\ &= 40 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= (1,2 \times 1,48) + (1,6 \times 40) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 65,78 \text{ kgm} \\
 V_U &= 1,2 \left( \frac{1}{2} q_D \times L \right) + 1,6 P_L \\
 &= 1,2 \left( \frac{1}{2} \times 8,24 \times 1,2 \right) + (1,6 \times 100) \\
 &= 165,93 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### b. Kontrol Kekuatan Profil

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\
 &\quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1} \\
 &= \frac{12,5 \times 65,78}{2,5 \times 65,78 + 3 \times 65,76 + 4 \times 65,78 + 3 \times 65,76} \\
 &= 1,00 < 2,30 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1.1} \\
 C_b &= 1,00 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F10.4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_e &= \frac{0,46 E b^2 t^2 C_b}{L_b} \\
 &= \frac{0,46 \times 200000 \times 50^2 \times 6^2 \times 1}{1200} \\
 &= 6901090,032 \text{ kgmm} = 6901,09 \text{ kgm} \\
 M_y &= F_y S = 2500 \times 4,52 = 11300 \text{ kgcm} = 113 \text{ kgm} \\
 \text{Bila } M_e > M_y &\longrightarrow M_n = \left( 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \\
 &\quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F10.3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left( 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{113}{6831}} \right) \times 113 = 200 \text{ kgm} \\
 \phi M_n \geq M_u &\longrightarrow \phi = 0,90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1} \\
 \phi M_n \geq M_u &\longrightarrow 0,90 \times 200 \geq 65,78 \\
 180,04 \text{ kgm} &> 65,78 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### c. Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned}
 \text{Batas Lendutan maks } (f_{ijin}) &= \frac{L}{240} \\
 f_{ijin} &= \frac{L}{240} = \frac{120}{240} = 0,5 \text{ cm} \\
 f^o &= \frac{19}{384} \frac{P L^3}{E I_x} = \frac{19}{384} \frac{100 \times (120^3)}{2 \times 10^6 \times 19,6} = 0,22 \text{ cm} \\
 f^o \leq f_{ijin} &\longrightarrow 0,22 \text{ cm} < 0,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

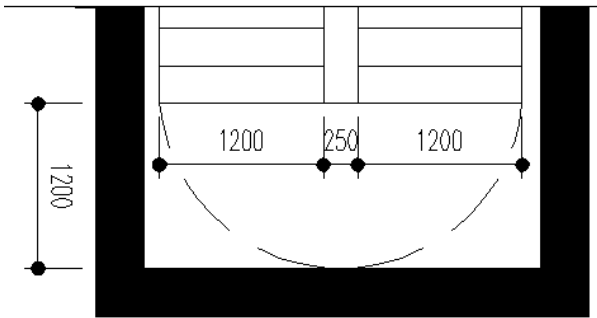
#### 4.2.4 Perencanaan pelat bordes

Tebal pelat bordes = 8 mm

Lebar pelat bordes = 120 cm

Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$

Mutu baja Bj 41  $\rightarrow$  Tegangan leleh baja =  $2500 \text{ kg/m}^2$



**Gambar 4. 3 Pelat Bordes**

##### a. Pembebanan

###### 1. Beban mati

$$\text{Pelat bordes} = 0,006 \times 1,2 \times 7850 = 75,36 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10\% \times 75,36 \\ &= 7,54 \text{ kg/m} + \\ &= 82,90 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

###### 2. Beban hidup

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$\begin{aligned} &= 4,79 \text{ kN/m}^2 \\ &= 479 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \text{ m} \\ &= 575 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 \times 82,9 + 1,6 \times 575 \\ &= 1019,16 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 1019,16 \times (1,2^2) \\ &= 185,87 \text{ kgm} \end{aligned}$$

## b. Kontrol Kekuatan Profil

$$L_b = 120 \text{ cm}$$

$$\frac{L_b d}{t^2} = \frac{1200 \times 2700}{8^2} = 50625 \text{ SNI 1729:2015 Pasal F11.2}$$

$$\frac{1,9 E}{F_y} = \frac{1,9 \times 2 \times 10^5}{250} = 1520 \text{ SNI 1729:2015 Pasal F11.2}$$

$$\frac{L_b d}{t^2} > \frac{1,9 E}{F_y} \rightarrow M_n = F_{cr} S_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F11.3}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1.1}$$

$$= \frac{12,5 \times 72,96}{2,5 \times 72,96 + 3 \times 73,73 + 4 \times 72,96 + 3 \times 73,73} = 0,99$$

$$F_{cr} = \frac{1,9 E C_b}{\frac{L_b d}{t^2}} = \frac{1,9 \times 200000 \times 1,0}{90000} = 7,47 \text{ MPa}$$

SNI 1729:2015 Pasal F11.4

$$S_x = \frac{1}{4} b d^2 = \frac{1}{4} \times 120 \times 0,8^2 = 19,2 \text{ cm}^3$$

$$M_n = F_{cr} S_x = 747 \times 19,2 = 14338,90 \text{ kgcm} = 143,39 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow \phi = 0,90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow 0,90 \times 143,39 \geq 45,86$$

$$129,05 \text{ kgm} > 45,86 \text{ kgm}$$

## c. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{120}{360} = 0,167 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{E I_x}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times (0,3^3) = 5,12 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(0,83 + 5,75) \times 120^4}{2 \times 10^6 \times 5,12} = 0,108 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,108 \text{ cm} < 0,167 \text{ cm}$$

#### 4.2.5 Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 150 x 75 x 5 x 7, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{array}{llll}
 W = 14 \text{ kg/m} & t_f = 7 \text{ mm} & i_y = 1,66 \text{ cm} & S_y = 21 \text{ cm}^3 \\
 A = 17,85 \text{ cm}^2 & t_w = 5 \text{ mm} & I_x = 666 \text{ cm}^4 & Z_x = 88,8 \text{ cm}^3 \\
 b = 75 \text{ mm} & r = 8 \text{ mm} & I_y = 49,5 \text{ cm}^4 & Z_y = 13,2 \text{ cm}^3 \\
 d = 150 \text{ mm} & i_x = 6,11 \text{ cm} & S_x = 98 \text{ cm}^3 & h = 120 \text{ mm}
 \end{array}$$

##### a. Pembebanan

###### 1. Beban mati

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Pelat bordes} & = 0,008 \times 0,6 \times 7850 & = 37,68 \text{ kg/m} \\
 \text{Balok bordes} & & = 14 \text{ kg/m} \quad + \\
 & & \hline
 & & = 51,68 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan} & = 10 \% \times 51,68 & = 5,17 \text{ kg/m} \quad + \\
 & & \hline
 & & = 56,85 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

###### 2. Beban hidup

$$\begin{array}{l}
 \text{Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)} \\
 = 4,79 \text{ kN/m}^2 \\
 = 479 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 \text{ m} \\
 = 287 \text{ kg/m} \\
 q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 = 1,2 \times 56,85 + 1,6 \times 287 \\
 = 528,06 \text{ kg/m} \\
 M_u = \frac{1}{8} q_u L^2 \\
 = \frac{1}{8} \times 528,06 \times 1,2^2 \\
 = 95,05 \text{ kgm}
 \end{array}$$

##### b. Kontrol Penampang

➤ Kontrol Sayap SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\begin{array}{l}
 \frac{b}{2t_f} = \frac{75}{2 \times 7} = 5,36 \\
 \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} = 5,36 \\ \lambda_p = 10,75 \end{array}} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_p$$

Penampang kompak

➤ Kontrol badan SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{5} = 24 \quad \left. \vphantom{\frac{h}{t_w}} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 88,8 = 222.000 \text{ kgcm} = 2220 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 2220 \geq 95,05$$

$$1998 \text{ kgm} \geq 95,05 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 120 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 1,66 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 83 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C = 1$$

$$S_x = 98 \text{ cm}^3$$

$$h_o = 6,11 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} x b t^3$$

$$= \frac{1}{3} x h x t_w^3 + \frac{2}{3} x b x t_f^3$$

$$= \frac{1}{3} x 12 x 0,5^3 + \frac{2}{3} x 7,5 x 0,7^3$$

$$= 4 \text{ cm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2 S_x}}$$

$$= \sqrt{\frac{49,5 \times 6,11}{2 \times 98}}$$

$$= 1,24$$

$$L_r = 1,95 r_{ts}$$

$$\frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$= 1,95 \times 1,24 \times \frac{\frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{4 \times 1}{98 \times 6,11} + \sqrt{\left(\frac{4 \times 1}{98 \times 6,11}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}}{L_r = 324,47 \text{ cm}}$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \longrightarrow M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1.1

$$= \frac{12,5 \times 143,05}{2,5 \times 143,05 + 3 \times 95,29 + 4 \times 143,05 + 3 \times 95,29}$$

$$C_b = 1,19$$

$$M_n = 1,19 \left[ 222000 - (222000 - 0,7 \times 2500 \times 98) \left( \frac{120 - 83}{324,47 - 83} \right) \right]$$

$$= 255077,57 \text{ kgcm} = 2550,78 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 2550,78 \geq 95,05$$

$$2295,7 \text{ kgm} > 95,05 \text{ kgm}$$

#### d. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{120}{360} = 0,333 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{q L^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(0,46 + 2,93) \times 120^4}{2 \times 10^6 \times 666} = 0,007 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \longrightarrow 0,007 \text{ cm} < 0,333 \text{ cm}$$

#### 4.2.6 Perencanaan balok tangga

Direncanakan memakai profil WF 200 x 150 x 6 x 9, dengan data sebagai berikut:

$$W = 30,6 \text{ kg/m} \quad t_f = 9 \text{ mm} \quad i_y = 3,61 \text{ cm} \quad S_y = 67,6 \text{ cm}^3$$

$$A = 39,01 \text{ cm}^2 \quad t_w = 6 \text{ mm} \quad I_x = 2690 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 196 \text{ cm}^3$$



$$\begin{array}{llll}
 b = 150 \text{ mm} & r = 13 \text{ mm} & I_y = 507 \text{ cm}^4 & Z_y = 103 \text{ cm}^3 \\
 d = 194 \text{ mm} & i_x = 8,3 \text{ cm} & S_x = 277 \text{ cm}^3 & h = 150 \text{ mm}
 \end{array}$$

### a. Pembebanan

#### ➤ $q_{w1}$

##### 1. Beban mati :

$$\begin{array}{ll}
 \text{Pagar (hand rail)} & = 20 \text{ kg/m} \\
 \text{Profil L50x50x6} & = 4,55 \text{ kg/m} \\
 \text{Pelat Bordes} = 0,008 \times 0,6 \times 7850 & = 37,68 \text{ kg/m} \\
 \text{Balok Tangga} = 30,6 : \cos 37,69^\circ & = 38,67 \text{ kg/m} + \\
 & \underline{= 100,9 \text{ kg/m}} \\
 \text{Sambungan} = 10\% \times 100,9 & = 10,09 \text{ kg/m} + \\
 & \underline{= 110,99 \text{ kg/m}}
 \end{array}$$

##### 2. Beban hidup

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$\begin{array}{l}
 = 4,79 \text{ kN/m}^2 \\
 = 479 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 \text{ m} \\
 = 287 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 = 1,2 \times 110,99 + 1,6 \times 287 \\
 = 593,03 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

#### ➤ $q_{w2}$

##### 1. Beban mati :

$$\begin{array}{ll}
 \text{Pagar (hand rail)} & = 20 \text{ kg/m} \\
 \text{Balok tangga} & = 30,6 \text{ kg/m} + \\
 & \underline{= 50,6 \text{ kg/m}} \\
 \text{Sambungan} = 10\% \times 50,6 & = 5,06 \text{ kg/m} + \\
 & \underline{= 55,66 \text{ kg/m}}
 \end{array}$$

##### 2. Beban hidup

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

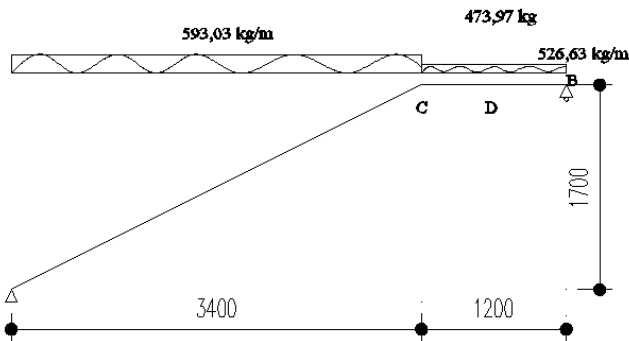
$$\begin{array}{l}
 = 4,79 \text{ kN/m}^2 \\
 = 479 \text{ kg/m}^2 \times 0,6 \text{ m} \\
 = 287 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 &= 1,2 \times 55,66 + 1,6 \times 287 \\
 &= 526,63 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

➤  $P_1$

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \left(\frac{1}{2} \cdot q_{bu} \cdot L_1\right) + \left(\frac{1}{2} \cdot q_{bu} \cdot L_2\right) \\
 &= \frac{1}{2} \times 526,63 \times 1,2 + \frac{1}{2} \times 526,63 \times 0,6 \\
 &= 473,97 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## b. Gaya Dalam Balok Tangga



**Gambar 4. 4 Pembebanan Struktur Tangga**

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_A \times 4,6 - q_{w1} \times 3,4 \left(\frac{1}{2} \times 3,4 + 1,2\right) - q_{w2} \times \frac{1}{2} \times 1,2^2 - P_1 \times \\
 \frac{1}{2} \times 1,2 = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{2982,82 + 385,69 + 288,67}{4,6} \\
 &= 1427,76 \text{ kg } (\uparrow)
 \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$\begin{aligned}
 R_B &= q_{w1} \times 3,4 + q_{w2} \times 1,2 + P_1 - R_A \\
 &= 593,03 \times 3,4 + 526,63 \times 1,2 + 473,97 - 1427,76 \\
 &= 1694,46 \text{ kg } (\uparrow)
 \end{aligned}$$

Momen Maksimum

$$R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_{w1} \cdot x^2 = 0$$

$$\frac{du}{dx} = 0 \rightarrow x = \frac{R_A}{q_{w1}} = \frac{1427,76}{593,03} = 2,41 \text{ m horizontal A}$$

$$M_{max} = 1427,76 \times 2,41 - \frac{1}{2} \times 593,03 \times 2,41^2$$

$$= 1718,71 \text{ kgm}$$

$$M_C = 1427,76 \times 3,4 - \frac{1}{2} \times 593,03 \times 3,4^2$$

$$= 1426,67 \text{ kgm}$$

Gaya Lintang (D)

$$V_A = R_A \times \cos 37,69^\circ = 1129,83 \text{ kg}$$

$$V_{CKR} = V_A - q_{w1} \times \cos 37,69^\circ \times 3,4 = 660,55 \text{ kg}$$

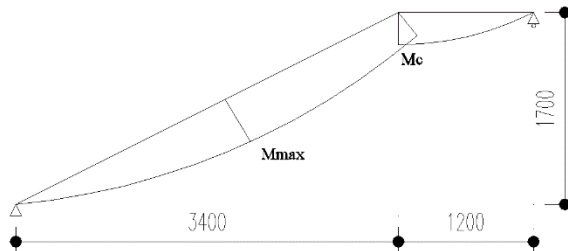
$$V_{CKN} = R_A - q_{w1} \times 3,4 = -588,54 \text{ kg}$$

$$V_{DKR} = V_{CKN} - q_{w2} \times 0,6 = -904,51 \text{ kg}$$

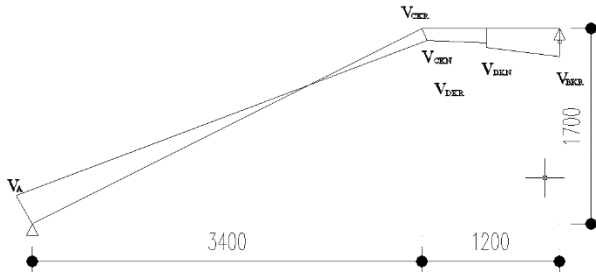
$$V_{DKN} = V_{DKR} - P_1 = -1378,48 \text{ kg}$$

$$V_{BKR} = V_{DKN} - q_{w2} \times 0,6 = -1694,46 \text{ kg}$$

$$V_{BKN} = V_{BKR} + R_B = 0$$



**Gambar 4. 5 Bidang M Tangga**



**Gambar 4. 6 Bidang D Tangga**

**c. Kontrol Penampang**

➤ Kontrol Sayap

B4.1b

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

SNI 1729:2015 Tabel

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p$$

Penampang kompak

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

➤ Kontrol badan

B4.1b

$$\frac{h}{t_w} = \frac{150}{6} = 25$$

SNI 1729:2015 Tabel

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 196 = 49000 \text{ kgcm} = 4900 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 4900 \geq 1718,71$$

$$4410 \text{ kgm} \geq 1718,71 \text{ kgm}$$

**d. Kontrol Tekuk Lateral**

➤ Batang miring

$$L_b = 340 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 3.61 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 179,71 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C = 1$$

$$S_x = 277 \text{ cm}^3$$

$$h_o = 8,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} x b t^3 \\ &= \frac{1}{3} x h x t_w^3 + \frac{2}{3} x b x t_f^3 \\ &= \frac{1}{3} x 15 x 0,6^3 + \frac{2}{3} x 15 x 0,9^3 \\ &= 10,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \sqrt{\frac{I_y h_o}{2 S_x}} \\ &= \sqrt{\frac{507 x 8,3}{2 x 277}} \\ &= 2,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_r &= 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \\ &= 1,95 x 2,76 x \\ &\quad \frac{2 x 10^6}{0,7 x 2500} \sqrt{\frac{10,08 x 1}{277 x 8,3} + \sqrt{\left(\frac{10,08 x 1}{277 x 8,3}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 x 2500}{2 x 10^6}\right)^2}} \\ L_r &= 593,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \longrightarrow M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1.1

$$\begin{aligned} &= \frac{12,5 x 856,92}{2,5 x 856,92 + 3 x 489,94 + 4 x 856,92 + 3 x 489,94} \\ C_b &= 1,26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 1,26 \left[ 490000 - (490000 - \right. \\ &\quad \left. 0,7 x 2500 x 277) \left( \frac{340 - 180}{593,08 - 180} \right) \right] \end{aligned}$$

$$= 614225,86 \text{ kgcm} = 6142,26 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 6142,26 \geq 1718,71$$

$$5528,03 \text{ kgm} > 1718,71 \text{ kgm}$$

➤ Batang horizontal

$$L_b = 120 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 3,61 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 179,71 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p$  , keadaan batas dari tekuk lateral tidak boleh digunakan

SNI 1729:2015 Pasal F2.1

#### e. Kontrol Lendutan

Batas lendutan maks ( $f_{ijin}$ ) =  $\frac{L}{360}$  SNI 1729:2015 6.4.3

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{460}{360} = 1,28 \text{ cm}$$

➤ Batang Miring

$$f^o = \frac{5}{48} \frac{L^2}{EI_x} x (M_{max} - 0,1(M_A + M_C))$$

$$f^o = \frac{5}{48} \frac{340^2}{2 \times 10^6 \times 2690} x (1718,71 - 0,1(0 + 1426,67))$$

$$= 0,0035 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \longrightarrow 0,0035 \text{ cm} < 1,28 \text{ cm}$$

➤ Batang horizontal

$$f^o = \frac{5}{48} \frac{L^2}{EI_x} x (M_{max} - 0,1(M_A + M_C))$$

$$f^o = \frac{5}{48} \frac{120^2}{2 \times 10^6 \times 2690} x (1718,71 - 0,1(0 + 1426,67))$$

$$= 0,0004 \text{ cm}$$

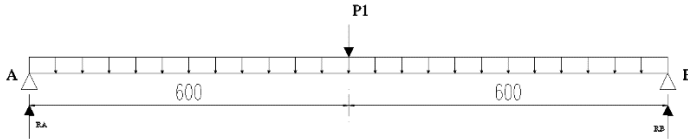
$$f^o \leq f_{ijin} \longrightarrow 0,0004 \text{ cm} < 1,28 \text{ cm}$$

#### 4.2.7 Perencanaan balok tumpuan tangga

Direncanakan memakai profil WF 200 x 150 x 6 x 9, dengan data sebagai berikut:

$$W = 30,6 \text{ kg/m} \quad t_f = 9 \text{ mm} \quad i_y = 3,61 \text{ cm} \quad S_y = 67,6 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{llll}
 A = 39,01 \text{ cm}^2 & t_w = 6 \text{ mm} & I_x = 2690 \text{ cm}^4 & Z_x = 196 \text{ cm}^3 \\
 b = 150 \text{ mm} & r = 13 \text{ mm} & I_y = 507 \text{ cm}^4 & Z_y = 103 \text{ cm}^3 \\
 d = 194 \text{ mm} & i_x = 8,3 \text{ cm} & S_x = 277 \text{ cm}^3 & h = 194 \text{ mm}
 \end{array}$$



**Gambar 4. 7 Pembebanan Balok Tumpuan Tangga**

**a. Pembebanan**

Beban terpusat  $P_1 = 264,13 \text{ kg}$

1. Beban mati :

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat bordes} &= 0,008 \times 0,3 \times 7850 &= 18,84 \text{ kg/m} \\
 \text{Balok tumpuan tangga} &&= \underline{30,6 \text{ kg/m} +} \\
 &&= 49,44 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan} &= 10\% \times 44,73 &= \underline{4,94 \text{ kg/m} +} \\
 &&= 54,38 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban hidup :

Tangga (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$\begin{aligned}
 &= 4,79 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 479 \text{ kg/m}^2 \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 144 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 &= 1,2 \times 54,38 + 1,6 \times 144 \\
 &= 295,18 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + P_l \times L \\
 &= \frac{1}{8} \times 295,18 \times (3,4^2) + 264,13 \times 1,2 \\
 &= 743,49 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

**b. Kontrol Penampang**

➤ Kontrol Sayap

SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p$$

Penampang kompak

➤ Kontrol badan SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\frac{h}{t_w} = \frac{194}{6} = 32,33$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} < \lambda_p \\ \lambda_p \end{array} \right\}$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 196 = 490000 \text{ kgcm} = 4900 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 4900 \geq 741,04$$

$$4410 \text{ kgm} \geq 741,04 \text{ kgm}$$

**c. Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 270 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 3.61 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 179,71 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C = 1$$

$$S_x = 277 \text{ cm}^3$$

$$h_o = 8,3 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} x b t^3$$

$$= \frac{1}{3} x h x t_w^3 + \frac{2}{3} x b x t_f^3$$

$$= \frac{1}{3} x 15 x 0,6^3 + \frac{2}{3} x 15 x 0,9^3$$

$$= 10,08 \text{ cm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2 S_x}}$$

$$= \sqrt{\frac{507 \times 8,3}{2 \times 277}}$$

$$= 2,76$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$



$$= 1,95 \times 2,76 \times$$

$$\frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{10,08 \times 1}{277 \times 8,3} + \sqrt{\left(\frac{10,08 \times 1}{277 \times 8,3}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 593,08 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \longrightarrow M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1.1

$$= \frac{12,5 \times 1953,73}{2,5 \times 1953,73 + 3 \times 1044,11 + 4 \times 1953,73 + 3 \times 1044,11}$$

$$C_b = 1,29$$

$$M_n = 1,29 \left[ 490000 - (490000 -$$

$$0,7 \times 2500 \times 277) \left( \frac{270 - 180}{593,08 - 180} \right) \right]$$

$$= 629542,65 \text{ kgcm} = 6295,43 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 6295,43 \geq 743,49$$

$$5665,88 \text{ kgm} > 743,49 \text{ kgm}$$

#### d. Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{270}{360} = 0,75 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_x} + \frac{23}{648} \frac{PL^3}{EI_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(0,54 + 2,95) \times 270^4}{2 \times 10^6 \times 2690} + \frac{23}{648} \frac{264,13 \times (270^3)}{2 \times 10^6 \times 2690}$$

$$= 0,08 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \longrightarrow 0,08 \text{ cm} < 0,75 \text{ cm}$$

### 4.3 Perencanaan Balok Anak

#### 4.3.1 Perencanaan balok anak lantai atap

Direncanakan memakai profil WF 400x200x8x13, dengan data sebagai berikut:

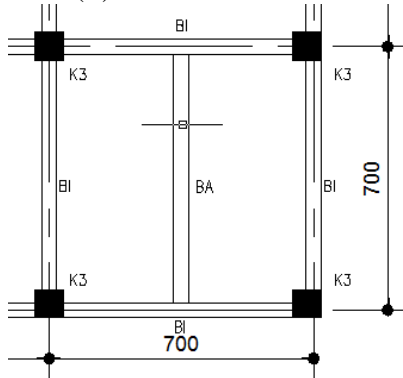
$$\begin{aligned}
 W &= 66,0 \text{ kg/m} & t_f &= 13 \text{ mm} & i_y &= 4,54 \text{ cm} & S_y &= 174 \text{ cm}^3 \\
 A &= 84,12 \text{ cm}^2 & t_w &= 8 \text{ mm} & I_x &= 23700 \text{ cm}^4 & Z_x &= 1286 \text{ cm}^3 \\
 b &= 200 \text{ mm} & r &= 16 \text{ mm} & I_y &= 1740 \text{ cm}^4 & Z_y &= 266 \text{ cm}^3 \\
 d &= 400 \text{ mm} & i_x &= 16,8 \text{ cm} & S_x &= 1190 \text{ cm}^3 & h &= 342 \text{ mm} \\
 \text{BJ 41 : } f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 & & & f_r &= 700 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$h_r = 5,3 \text{ cm} \quad \text{tebal pelat} = 5,7 \text{ cm}$$

Panjang balok anak (L) = 700 cm



**Gambar 4. 8 Balok Anak Atap**

#### a. Kondisi Sebelum Komposit

1. Beban mati :

$$\text{Pelat Bondek} = 8,08 \times 3,5 = 28,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0,11 \times 3,5 \times 2400 = 924 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Balok anak} &= 66 \text{ kg/m} + \\
 &= 1018,28 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sambungan} &= 10 \% \times 1018,28 \\
 &= 101,83 \text{ kg/m} + \\
 &= 1120,11 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban hidup

Atap (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$\begin{aligned}
 &= 0,96 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 960 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m} \\
 &= 336 \text{ kg/m} \\
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 &= 1,2 \times 1120,11 + 1,6 \times 336 \\
 &= 1881,73 \text{ kg/m} \\
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1881,73 \times (7^2) \\
 &= 11525,59 \text{ kgm} \\
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1881,73 \times 7 \\
 &= 6586,05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### ➤ Kontrol Penampang

#### ➤ Kontrol Sayap SNI 1729:2015 Tabel

B4.1b

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p$$

Penampang kompak

#### ➤ Kontrol badan SNI 1729:2015 Tabel

B4.1b

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1286 = 3215000 \text{ kgcm} = 32150 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \text{ SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 32150 \geq 11525,59$$

$$28935 \text{ kgm} > 11525,59 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 700 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 4,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226,01 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C = 1$$

$$S_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$h_o = 16,8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} x b t^3 \\ &= \frac{1}{3} x h x t_w^3 + \frac{2}{3} x b x t_f^3 \\ &= \frac{1}{3} x 34,2 x 0,8^3 + \frac{2}{3} x 20 x 1,3^3 \\ &= 23,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \sqrt{\frac{I_y h_o}{2 S_x}} \\ &= \sqrt{\frac{1740 x 16,8}{2 x 1190}} \\ &= 3,5 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts}$$

$$\begin{aligned} &\frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \\ &= 1,95 x 3,5 x \end{aligned}$$

$$\frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{123,17 \times 1}{1190 \times 16,8} + \sqrt{\left(\frac{23,17 \times 1}{1190 \times 16,8}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 475,86 \text{ cm}$$

$$L_b > L_r \longrightarrow M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1.1

$$= \frac{12,5 \times 11525,59}{2,5 \times 11525,59 + 3 \times 8644,2 + 4 \times 11525,59 + 3 \times 8644,2}$$

$$C_b = 1,14$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.4

$$F_{cr} = \frac{1,14 \times \pi^2 \times 2000000}{\left(\frac{700}{3,5}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{23,17 \times 1}{1190 \times 16,8} \left(\frac{700}{3,5}\right)^2}$$

$$= 241031,4$$

$$M_n = F_{cr} S_x$$

$$= 275739,9 \times 1190$$

$$= 286827335,5 \text{ kgcm}$$

$$= 286827335,5 \text{ kgm} > M_p = 32150 \text{ kgm}$$

(diambil)

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \text{ SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 32150 \geq 11525,59$$

$$28935 \text{ kgm} > 11525,59 \text{ kgm}$$

### ➤ Kontrol Geser

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

SNI 1729:2015 Pasal G2.1

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$2,24 \sqrt{\frac{F}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$\phi_v = 1,00$$

$$C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 34,2 \times 0,8 \times 1 = 41040 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \longrightarrow \phi = 1,0 \text{ SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \longrightarrow 41040 \text{ kg} > 6586,05 \text{ kg}$$

### ➤ Kontrol Lendutan

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 1729:2015 6.4.3

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

$$f_o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(11,2+3,36)x700^4}{2 \times 10^6 \times 23700} = 0,96 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,96 \text{ cm} < 1,94 \text{ cm}$$

**b. Kondisi Setelah Komposit**

1. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Rangka + Plafon} &= (7 + 11) \times 3,5 &= 63 \text{ kg/m} \\ \text{Perpipaan} &= 25 \times 3,5 &= 87,5 \text{ kg/m} \\ \text{Pelat bondek} &= 8,08 \times 3,5 &= 28,28 \text{ kg/m} \\ \text{Pelat beton} &= 0,11 \times 3,5 \times 2400 &= 924 \text{ kg/m} \\ \text{Balok anak} &= &= 66 \text{ kg/m} + \\ & &= 1168,78 \text{ kg/m} \\ \text{Sambungan} &= 10\% \times 1168,78 &= 116,88 \text{ kg/m} + \\ & &= 1285,66 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Beban hidup :

Atap (SNI 1729:2015 Tabel 4-1)

$$\begin{aligned} &= 0,96 \text{ kN/m}^2 \\ &= 960 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m} \\ &= 336 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 \times 1285,66 + 1,6 \times 336 \\ &= 2080,39 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 2080,39 \times (7^2) \\ &= 12742,39 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 2080,39 \times 7 \\ &= 7281,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ **Menghitung Momen Nominal**

➤ **Lebar Efektif**

$$b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 700 = 175 \text{ cm} \quad \left. \vphantom{b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} L} \right\} b_{\text{eff}} = 175 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq S = 3,5 \text{ m} = 350 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.1.1a

➤ **Kriteria Penampang**

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

} Momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis

SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a

$$C = 0,85 f'_c t_{\text{plat}} b_{\text{eff}} = 0,85 \times 300 \times 5 \times 175 = 254362,5 \text{ kg}$$

$$T = A_s F_y = 84,12 \times 2500 = 210300 \text{ kg}$$

$$a = \frac{A_s F_y}{0,85 f'_c b_{\text{eff}}} = \frac{254362,5}{0,85 \times 300 \times 150} = 4,71 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - \frac{a}{2}$$

$$= 53 + 57 - \frac{4,71}{2}$$

$$= 86,44 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{d}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$e = d_1 + d_2$$

$$= 86,44 + 200$$

$$= 286,44 \text{ mm}$$

$$M_n = T \times e = 210300 \times 28,64$$

$$= 6023769,58 \text{ kgcm} = 60237,7 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \text{ SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 60237,7 \geq 12742,39$$

$$54214 \text{ kgm} > 12742,39 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol Lendutan**

$$E_c = 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,043 (2400^{1,5}) \sqrt{30}$$

$$= 27691,47 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^5}{27691,47} = 7,22 \\
 b_{tr} &= \frac{b_{eff}}{n} = \frac{175}{7,22} = 24,23 \text{ cm} \\
 A_{tr} &= b_{tr} t_{pelat} = 24,23 \times 5,7 = 138,11 \text{ cm}^2 \\
 Y_{na} &= \frac{\frac{A_{tr} t_{pelat}}{2} + \left( A_s \left( t_{beton} + \frac{d}{2} \right) \right)}{A_{tr} + A_s} \\
 &= \frac{\frac{138,11 \times 5,7}{2} + \left( 84,12 \left( 11 + \frac{40}{2} \right) \right)}{138,11 + 84,12} \\
 &= 13,51 \text{ cm dari atas} \\
 I_{tr} &= \left[ \left( \frac{1}{12} b_{tr} t_{pelat}^3 \right) + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t_{pelat}}{2} \right)^2 \right] + \\
 &\quad \left[ I_x - A_s \left( \left( t_{pelat} - h_r + \frac{d}{2} \right) - Y_{na} \right)^2 \right] \\
 I_{tr} &= \left[ \left( \frac{1}{12} 24,23 \times 5,7^3 \right) + 138,11 \left( 13,51 - \frac{5,7}{2} \right)^2 \right] + \\
 &\quad \left[ 23700 - 84,12 \left( \left( 5,7 - 5,3 + \frac{40}{2} \right) - 13,51 \right)^2 \right] \\
 &= 29 \, 380,31 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Batas lendutan maks ( $f_{ijin}$ ) =  $\frac{L}{360}$  SNI 1729:2015 6.4.3

$$\begin{aligned}
 f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm} \\
 f^o &= \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_{tr}} \\
 f^o &= \frac{5}{384} \frac{(12,86 + 3,36) \times 700^4}{2 \times 10^6 \times 27803,09} = 0,86 \text{ cm} \\
 f^o &\leq f_{ijin} \rightarrow 0,86 \text{ cm} < 1,94 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Geser**

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

SNI 1729:2015 Pasal G.2.2

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= \frac{342}{8} = 42,75 \\
 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{342}{8} = 42,75 \\ 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36 \end{aligned}} \right\}$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 34,2 \times 0,8 \times 1 = 41040 \text{ kg}$$

$$\phi_v = 1,00$$

$$C_v = 1,0$$



$$\phi_v V_n \geq V_u \longrightarrow \phi = 1,0 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \longrightarrow 41040 \text{ kg} \geq 7281,36 \text{ kg}$$

### c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

SNI 1729:2015 Pasal I8.1

$$Q_n = 0,5 \times 201,06 \sqrt{30 \times 27691,47}$$

$$= 91628,23 \text{ N}$$

$$= 9162,82 \text{ kg/stud}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 201,06 \times 41$$

$$= 6182,65 \text{ kg/stud}$$

$$Q_n = 6182,65 \text{ kg/stud}$$

Jumlah penghubung geser untuk setengah bentang

$$N = \frac{V}{Q_n} = \frac{210300}{6182,65} = 34,01 \approx 34 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak penghubung geser (S)} = \frac{L}{N} = \frac{700}{64} = 10,29 \text{ cm}$$

Jadi, penghubung geser dipasang setiap jarak 10 cm, sekaligus berfungsi sebagai penahan lateral pada balok.

### 4.3.2 Perencanaan balok anak lantai 1-33 tipikal

Direncanakan memakai profil WF 400 x 200 x 8 x 13, dengan data sebagai berikut:

$$W = 66,0 \text{ kg/m} \quad t_f = 13 \text{ mm} \quad i_y = 4,54 \text{ cm} \quad S_y = 174 \text{ cm}^3$$

$$A = 84,12 \text{ cm}^2 \quad t_w = 8 \text{ mm} \quad I_x = 23700 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 1286 \text{ cm}^3$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad r = 16 \text{ mm} \quad I_y = 1740 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 266 \text{ cm}^3$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad i_x = 16,8 \text{ cm} \quad S_x = 1190 \text{ cm}^3 \quad h = 342 \text{ mm}$$

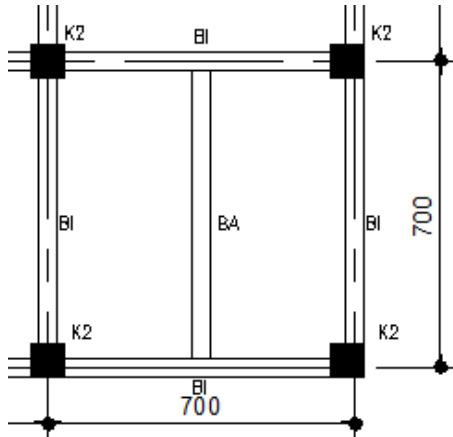
$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$h_r = 5,3 \text{ cm} \quad \text{tebal pelat} = 5,7 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang balok anak (L)} = 700 \text{ cm}$$



**Gambar 4. 9 Balok Anak Lantai**

a. **Kondisi Sebelum Komposit**

1. Beban mati :

$$\text{Pelat Bondek} = 8,08 \times 3,5 = 28,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0,11 \times 3,5 \times 2400 = 924 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok anak} = 66 \text{ kg/m} +$$

$$= 1018,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sambungan} = 10 \% \times 1018,28 = 101,83 \text{ kg/m} +$$

$$= 1120,11 \text{ kg/m}$$

2. Beban hidup

Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 1,44 \text{ kN/m}^2$$

$$= 144 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m}$$

$$= 504 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \times 1120,11 + 1,6 \times 504$$

$$= 2150,53 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 2150,53 \times (7^2)$$

$$= 13171,99 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 2150,53 \times 7$$

$$= 7526,85 \text{ kg}$$

➤ **Kontrol Penampang**

➤ Kontrol Sayap SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} = 7,69 \\ \lambda_p = 10,75 \end{array} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_p$$

Penampang kompak

➤ Kontrol badan SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 42,75 \\ \lambda_p = 106,35 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1286 = 3215000 \text{ kgcm} = 32150 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 32150 \geq 13171,99$$

$$28935 \text{ kgm} > 13171,99 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 700 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 4,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226,01 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C = 1$$

$$S_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$h_o = 16,8 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} \times b \times t^3$$

$$= \frac{1}{3} \times h \times t_w^3 + \frac{2}{3} \times b \times t_f^3$$

$$= \frac{1}{3} \times 34,2 \times 0,8^3 + \frac{2}{3} \times 20 \times 1,3^3$$

$$= 23,17 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 r_{ts} &= \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} \\
 &= \sqrt{\frac{1740 \times 16,8}{2 \times 1190}} \\
 &= 3,51 \\
 L_r &= 1,95 r_{ts} \\
 &= \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \\
 &= 1,95 \times 3,51 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{0,7 \times 2500} \sqrt{\frac{23,17 \times 1}{1190 \times 16,8} + \sqrt{\left(\frac{23,17 \times 1}{1190 \times 16,8}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}} \\
 L_r &= 475,86 \text{ cm} \\
 L_b > L_r &\longrightarrow M_n = F_{cr} S_x \leq M_p
 \end{aligned}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\
 &= \frac{12,5 \times 80678,46}{2,5 \times 80678,46 + 3 \times 60508,85 + 4 \times 80678,46 + 3 \times 60508,85} \\
 C_b &= 1,14
 \end{aligned}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1.1

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \\
 &= \frac{1,14 \times \pi^2 \times 2000000}{\left(\frac{700}{3,5}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{23,17 \times 1}{1190 \times 16,8} \left(\frac{700}{3,5}\right)^2} \\
 &= 241031,4 \\
 M_n &= F_{cr} S_x \\
 &= 241031,4 \times 1190 \\
 &= 286827335,5 \text{ kgcm} \\
 &= 2868273,36 \text{ kgm} > M_p = 32150 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.4

(diambil)

$$M_p = F_y Z_x$$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 32150 \geq 13171,99$$

$$28935 \text{ kgm} > 13171,99 \text{ kgm}$$

### ➤ Kontrol Geser

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75 \quad \left. \begin{array}{l} \phi_v = 1,00 \\ C_v = 1,0 \end{array} \right\}$$

$$2,24 \sqrt{\frac{F}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36 \quad \left. \begin{array}{l} \phi_v = 1,00 \\ C_v = 1,0 \end{array} \right\}$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 34,2 \times 0,8 \times 1 = 41040 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \quad \phi = 1,0 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \longrightarrow 41040 \text{ kg} > 7526,85 \text{ kg}$$

### ➤ Kontrol Lentutan

$$\text{Batas lentutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360}$$

SNI 1729:2015 6.4.3

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(11,2 + 5,04) \times 700^4}{2 \times 10^6 \times 23700} = 1,07 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \longrightarrow 1,07 \text{ cm} < 1,94 \text{ cm}$$

## b. Kondisi Setelah Komposit

### 1. Beban mati :

$$\text{Spesi lantai } t = 1 \text{ cm} = 21 \times 3,5 = 73,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Lantai keramik } t = 1 \text{ cm} = 24 \times 3,5 = 84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Rangka + Plafon} = (7 + 11) \times 3,5 = 63 \text{ kg/m}$$

$$\text{Perpipaan} = 25 \times 3,5 = 87,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat bondek} = 8,08 \times 3,5 = 28,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0,11 \times 3,5 \times 2400 = 924 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok Anak} = \underline{\underline{66 \text{ kg/m} +}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sambungan} &= 10 \% \times 1326,28 &= 1326,28 \text{ kg/m} \\
 & &= 132,63 \text{ kg/m} + \\
 & &= 1458,91 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban hidup :

Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$\begin{aligned}
 &= 1,44 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 144 \text{ kg/m}^2 \times 3,5 \text{ m} \\
 &= 504 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\
 &= 1,2 \times 1458,91 + 1,6 \times 504 \\
 &= 2080,39 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 2080,39 \times (7^2) \\
 &= 12742,39 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 2080,39 \times 7 \\
 &= 7281,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ **Menghitung Momen Nominal**

➤ Lebar Efektif

$$\begin{aligned}
 b_{\text{eff}} &\leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 700 = 175 \text{ cm} \\
 b_{\text{eff}} &\leq S = 3,5 \text{ m} = 350 \text{ cm}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} b_{\text{eff}} &\leq \frac{1}{4} L \\ b_{\text{eff}} &\leq S \end{aligned}} \right\} b_{\text{eff}} = 175 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.1.1a

➤ **Kriteria Penampang**

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$\left. \vphantom{\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75} \right\}$ 
 Momen nominal dianalisa dengan distribusi tegangan plastis

$$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a

$$C = 0,85 f'c t_{plat} b_{eff} = 0,85 \times 300 \times 5,7 \times 175 = 254362,5 \text{ kg}$$

$$T = A_s F_y = 84,12 \times 2500 = 210300 \text{ kg}$$

$$a = \frac{A_s F_y}{0,85 f'c b_{eff}} = \frac{254362,5}{0,85 \times 300 \times 150} = 4,71 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= h_r + t_b - \frac{a}{2} \\ &= 53 + 57 - \frac{4,71}{2} \\ &= 86,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_2 = \frac{d}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} e &= d_1 + d_2 \\ &= 86,44 + 200 \\ &= 286,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T \times e = 210300 \times 28,64 \\ &= 6023769,58 \text{ kgcm} = 60237,7 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \text{ SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 60237,7 \geq 12742,39$$

$$54213,93 \text{ kgm} > 12742,39 \text{ kgm}$$

### ➤ Kontrol Lendutan

$$\begin{aligned} E_c &= 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'c} \\ &= 0,043 (2400^{1,5}) \sqrt{30} \\ &= 27691,47 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^5}{27691,47} = 7,22$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{175}{7,22} = 24,23 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} t_{pelat} = 24,23 \times 5,7 = 138,11 \text{ cm}^2$$

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} t_{pelat}}{2} + \left( A_s \left( t_{beton} + \frac{d}{2} \right) \right)}{A_{tr} + A_s}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\frac{138,11 \times 5,7}{2} + \left(84,12 \left(11 + \frac{40}{2}\right)\right)}{138,11 + 84,12} \\
&= 13,51 \text{ cm dari atas} \\
I_{tr} &= \left[ \left( \frac{1}{12} b_{tr} t_{pelat}^3 \right) + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t_{pelat}}{2} \right)^2 \right] + \\
&\quad \left[ I_x - A_s \left( \left( t_{pelat} - h r + \frac{d}{2} \right) - Y_{na} \right)^2 \right] \\
I_{tr} &= \left[ \left( \frac{1}{12} 24,23 \times 5,7^3 \right) + 138,11 \left( 13,51 - \frac{5,7}{2} \right)^2 \right] + \\
&\quad \left[ 23700 - 84,12 \left( \left( 5,7 - 5,3 + \frac{40}{2} \right) - 13,51 \right)^2 \right] \\
&= 29\,380,31 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

Batas lendutan maks ( $f_{ijin}$ ) =  $\frac{L}{360}$  SNI 1729:2015

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_{tr}}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(14,59 + 5,04) \times 700^4}{2 \times 10^6 \times 27803,09} = 1,04 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 1,04 \text{ cm} < 1,94 \text{ cm}$$

### ➤ Kontrol Geser

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

SNI 1729:2015 Pasal G.2.1

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$\left. \begin{array}{l} \phi_v = 1,00 \\ C_v = 1,0 \end{array} \right\}$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 34 \times 0,8 \times 1 = 41040 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow \phi = 1,0 \text{ SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \rightarrow 41040 \text{ kg} > 7281,36 \text{ kg}$$

### c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 201,06 \text{ mm}^2$$



$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

SNI 1729:2015 Pasal I8.1

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times 201,06 \sqrt{30 \times 27691,47} \\ &= 91629,11 \text{ N} \\ &= 9162,91 \text{ kg/stud} \end{aligned}$$

$$R_g R_p A_{sa} F_u = 1 \times 0,75 \times 201,06 \times 41$$

$$= 6182,65 \text{ kg/stud}$$

$$Q_n = 6182,65 \text{ kg/stud}$$

Jumlah penghubung geser untuk setengah bentang

$$N = \frac{V}{Q_n} = \frac{210300}{6182,65} = 34 \text{ buah}$$

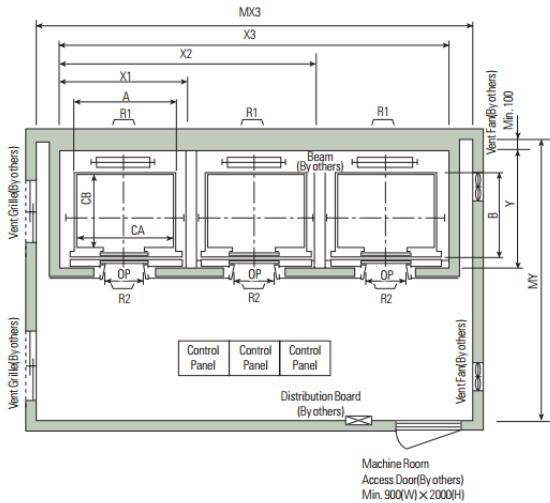
$$\text{Jarak penghubung geser (S)} = \frac{L}{N} = \frac{700}{68} = 10,29\text{cm}$$

Jadi, penghubung geser dipasang setiap jarak 10 cm, sekaligus berfungsi sebagai penahan lateral pada balok.

#### 4.4 Perencanaan Balok *Lift*

Perencanaan balok *lift* meliputi balok- balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Data *lift* yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tipe lift	: Penumpang
Merk	: Hyundai
Kapasitas	: 20 orang/ 1350 kg
Lebar pintu ( <i>opening width</i> )	: 1000 mm
Dimensi sangkar ( <i>car size</i> )	: inside 1800 x 1700 mm <sup>2</sup>
Dimensi ruang luncur	: 7250 x 2350 mm <sup>2</sup>
Dimensi ruang mesin	: 7500 x 4200 mm <sup>2</sup>
Beban reaksi ruang mesin	: R <sub>1</sub> = 7800                      R <sub>3</sub> = 11800 R <sub>2</sub> = 6000                      R <sub>4</sub> = 9100
Beban terpusat	: P = Σ R <sub>x</sub> x Ψ = (7800 + 6000) x (1+0,6x1,3x1) = 24564 kg



**Gambar 4. 10 Denah Lift**

#### 4.4.1 Perencanaan balok penggantung lift

Direncanakan memakai profil WF 400x200x8x13, dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 66,0 \text{ kg/m} & t_f &= 13 \text{ mm} & i_y &= 4,54 \text{ cm} & S_y &= 174 \text{ cm}^3 \\
 A &= 84,12 \text{ cm}^2 & t_w &= 8 \text{ mm} & I_x &= 23700 \text{ cm}^4 & Z_x &= 1286 \text{ cm}^3 \\
 b &= 200 \text{ mm} & r &= 16 \text{ mm} & I_y &= 1740 \text{ cm}^4 & Z_y &= 266 \text{ cm}^3 \\
 d &= 400 \text{ mm} & i_x &= 16,8 \text{ cm} & S_x &= 1190 \text{ cm}^3 & h &= 342 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Panjang balok :  $L = 2,35 \text{ m}$

##### a. Pembebanan

1. Beban mati :

$$\text{Pela bondek} = 8,08 \times 2,35 = 18,99 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0,1 \times 2,35 \times 2400 = 564 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok penggantung lift} &= 66 \text{ kg/m} + \\ &= 648,99 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sambungan} &= 10 \% \times 648,99 = 64,89 \text{ kg/m} + \\ &= 713,89 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban terpusat P} = 24564 \text{ kg}$$

## 2. Beban hidup :

Lantai (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$= 1,44 \text{ kN/m}^2$$

$$= 144 \text{ kg/m}^2 \times 2,35 \text{ m} = 338 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \times 3011,98 + 1,6 \times 513,94$$

$$= 1398,1 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} PL$$

$$= \frac{1}{8} \times 1398,1 \times (2,35^2) + \frac{1}{4} \times 24564 \times 2,35$$

$$= 15396,48 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} P$$

$$= \frac{1}{2} \times 1398,1 \times 2,35 + \frac{1}{2} \times 24564$$

$$= 13924,77 \text{ kg}$$

## b. Kontrol Penampang

### ➤ Kontrol Sayap

SNI 1729:2015 Tabel

B4.1b

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7,69$$

$$\lambda_p$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

Penampang  
kompak

### ➤ Kontrol badan

SNI 1729:2015 Tabel

B4.1b

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\left. \frac{h}{t_w} < \lambda_p \right\}$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 1286 = 312500 \text{ kgcm} = 31250 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \text{ SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 31250 \geq 15396,48$$

$$28935 \text{ kgm} > 15396,48 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 235 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 4,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C = 1$$

$$S_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$h_o = 16,8 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} x b t^3$$

$$= \frac{1}{3} x h x t_w^3 + \frac{2}{3} x b x t_f^3$$

$$= \frac{1}{3} x 34,2 x 0,8^3 + \frac{2}{3} x 20 x 1,3^3$$

$$= 23,17 \text{ cm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2 S_x}}$$

$$= \sqrt{\frac{1740 x 16,8}{2 x 1190}}$$

$$= 3,51$$

$$L_r = 1,95 r_{ts}$$

$$\frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$= 1,95 x 3,51 x$$

$$\frac{2 \times 10^6}{0,7 x 2500} \sqrt{\frac{23,17 x 1}{1190 x 16,8} + \sqrt{\left(\frac{23,17 x 1}{1190 x 16,8}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 x 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 475,86 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \longrightarrow M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

## SNI 1729:2015 Pasal F1.1

$$= \frac{12.5 \times 24055}{2,5 \times 24055 + 3 \times 12268,93 + 4 \times 24055 + 3 \times 12268,93}$$

$$C_b = 1,31$$

$$M_n = 1,31 \left[ 3215000 - (3215000 - \right.$$

$$\left. 0,7 \times 2500 \times 1190) \left( \frac{235-226}{475,86-226} \right) \right]$$

$$= 4150312,08 \text{ kgcm} = 41503,12 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 41503,12 \geq 15396,48$$

$$37352,81 \text{ kgm} > 15396,48 \text{ kgm}$$

**d. Kontrol Geser**

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$2,24 \sqrt{\frac{F}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36$$

$$V_n = 0,6 \times 2500 \times 34,2 \times 0,8 \times 1 = 41040 \text{ kg}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \longrightarrow \phi = 1,0 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1}$$

$$\phi_v V_n \geq V_u \longrightarrow 41040 \text{ kg} > 13924,77 \text{ kg}$$

**e. Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{235}{240} = 0,98 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_x} + \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI_x}$$

$$f^o = \frac{5}{384} \frac{(7,14 + 3,34) \times 235^4}{2 \times 10^6 \times 23700} + \frac{1}{48} \frac{24564 \times (235^3)}{2 \times 10^6 \times 23700}$$

$$= 0,15 \text{ cm}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \longrightarrow 0,15 \text{ cm} < 0,98 \text{ cm}$$

**4.4.2 Perencanaan balok penumpu lift**

Direncanakan memakai profil WF 400x200x8x13, dengan data sebagai berikut :

$W = 66,0 \text{ kg/m}$     $t_f = 13 \text{ mm}$     $i_y = 4,54 \text{ cm}$     $S_y = 174 \text{ cm}^3$   
 $A = 84,12 \text{ cm}^2$     $t_w = 8 \text{ mm}$     $I_x = 23700 \text{ cm}^4$     $Z_x = 1286 \text{ cm}^3$   
 $b = 200 \text{ mm}$     $r = 16 \text{ mm}$     $I_y = 1740 \text{ cm}^4$     $Z_y = 266 \text{ cm}^3$   
 $d = 400 \text{ mm}$     $i_x = 16,8 \text{ cm}$     $S_x = 1190 \text{ cm}^3$     $h = 342 \text{ mm}$   
 Panjang balok:  $L = 2,38 \text{ m}$

### a. Pembebanan

Beban mati :

$$\begin{aligned}
 \text{Balok penumpu } lift &= 66,0 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan} = 10 \% \times 66,0 &= \frac{6,6 \text{ kg/m} +}{=} \\
 &= 72,6 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban terpusat } P &= 24564 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,4 q_d \\
 &= 1,4 \times 72,6 = 101,64 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 + \frac{1}{4} PL \\
 &= \frac{1}{8} \times 101,64 \times (2,38^2) + \frac{1}{4} \times 24564 \times 2,38 \\
 &= 14687,55 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L + \frac{1}{2} P \\
 &= \frac{1}{2} \times 101,64 \times 2,38 + \frac{1}{2} \times 24564 \\
 &= 12402,95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### b. Kontrol Penampang

➤ Kontrol Sayap SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{b}{2t_f} &= \frac{200}{2 \times 13} = 7,69 \\
 \lambda_p &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75
 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_p$$

Penampang kompak

➤ Kontrol badan SNI 1729:2015 Tabel B4.1b

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{h}{t_w} &= \frac{342}{8} = 42,75 \\
 \lambda_p &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35
 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

### c. Kontrol Tekuk Lateral

$$L_b = 238 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 4,54 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 226 \text{ cm}$$

$$C = 1$$

$$S_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$h_o = 16,8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} x b t^3 \\ &= \frac{1}{3} x h x t_w^3 + \frac{2}{3} x b x t_f^3 \\ &= \frac{1}{3} x 34,2 x 0,8^3 + \frac{2}{3} x 20 x 1,3^3 \\ &= 23,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= \sqrt{\frac{I_y h_o}{2 S_x}} \\ &= \sqrt{\frac{1740 x 16,8}{2 x 1190}} \\ &= 3,51 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts}$$

$$\begin{aligned} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \\ = 1,95 x 3,51 x \end{aligned}$$

$$\frac{2 \times 10^6}{0,7 x 2500} \sqrt{\frac{23,17 x 1}{1190 x 16,8} + \sqrt{\left(\frac{23,17 x 1}{1190 x 16,8}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 x 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 475,86 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L_b \leq L_r \longrightarrow M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal F2.2

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C}$$

SNI 1729:2015 Pasal F1.1

$$= \frac{12,5 x 55888,07}{2,5 x 55888,07 + 3 x 27959,45 + 4 x 55888,07 + 3 x 27959,45}$$

$$C_b = 1,32$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 1,32 \left[ 3215000 - (3215000 - 0,7 \times 2500 \times 1190) \left( \frac{238-226}{475,86-226} \right) \right] \\
 &= 4157987,81 \text{ kgcm} = 41579,88 \text{ kgm} \\
 \phi_b M_n &\geq M_u \longrightarrow \phi = 0,9 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1} \\
 \phi_b M_n &\geq M_u \longrightarrow 0,9 \times 41579,88 \geq 14687,55 \\
 37421,89 \text{ kgm} &\geq 14687,55 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

**d. Kontrol Geser**

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1} \\
 \frac{h}{t_w} &= \frac{342}{8} = 42,75 \\
 2,24 \sqrt{\frac{F}{F_y}} &= 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36 \\
 V_n &= 0,6 \times 2500 \times 34,2 \times 0,8 \times 1 = 41040 \text{ kg} \\
 \phi_v V_n &\geq V_u \longrightarrow \phi = 1,0 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1} \\
 \phi_v V_n &\geq V_u \longrightarrow 41040 \text{ kg} > 12402,95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**e. Kontrol Lendutan**

$$\begin{aligned}
 \text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) &= \frac{L}{240} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3} \\
 f_{ijin} &= \frac{L}{240} = \frac{238}{240} = 0,99 \text{ cm} \\
 f^o &= \frac{5}{384} \frac{(q_D + q_L) x L^4}{EI_x} + \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI_x} \\
 f^o &= \frac{5}{384} \frac{(0,73 + 1,02) \times 238^4}{2 \times 10^6 \times 23700} + \frac{1}{48} \frac{24564 \times (238^3)}{2 \times 10^6 \times 23700} \\
 &= 0,15 \text{ cm} \\
 f^o &\leq f_{ijin} \longrightarrow 0,15 \text{ cm} < 0,99 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

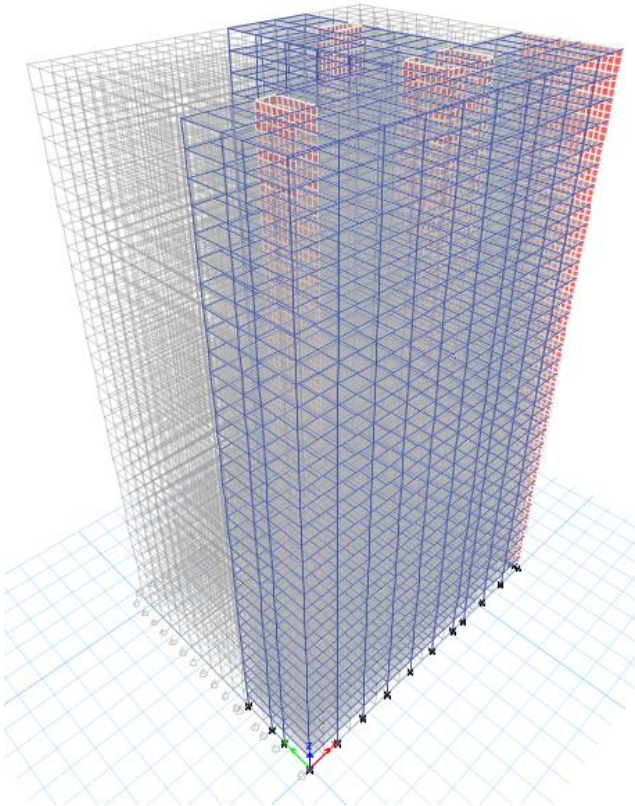


## **BAB V**

### **PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

#### **5.1 Permodelan Struktur**

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu pemodelan struktur. Struktur pemodelan gedung memiliki total 33 lantai dengan tinggi total gedung 112,1m. Permodelan gedung berlokasi di Bandar Lampung.



**Gambar 5. 1 Permodelan Struktur pada ETABS2015**

## 5.2 Data Gedung

Data-data perencanaan gedung Apartemen Ragom Gawi Bandar Lampung yang diperlukan dalam pembebanan struktur adalah sebagai berikut:

- Mutu baja : BJ 41
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Panjang : 66,5 m ; 17,5 m
- Lebar : 17,5 m ; 36 m
- Tinggi total : 112,2 m
- Tinggi antar lantai : 3,4 m
- Tebal pelat
  - Pelat atap : 11 cm
  - Pelat lantai : 11 cm
- Profil balok anak
  - Atap : WF 400x200x8x13
  - Lantai : WF 400x200x8x13
- Profil balok tangga
  - Utama : WF 200x150x6x9
  - Penumpu : WF 200x150x6x9
- Profil balok *lift* : WF 400x200x8x13
- Dimensi kolom K1
  - Beton : 75 x 75
  - Profil : K 588x300x12x20
- Dimensi kolom K2
  - Beton : 65 x 65
  - Profil : K 500x200x10x16
- Dimensi kolom K3
  - Beton : 55 x 55
  - Profil : K 396x199x7x11
- Dimensi balok induk : WF 600x200x11x17
- Zona Gempa : Bandar Lampung
- Jenis Tanah : Tanah Sedang

### 5.3 Pembebanan Gravitasi

Beban-beban yang bekerja pada struktur ini dihitung sebagai berikut:

#### 5.3.1 Beban mati

- a. Pelat atap
  - Penggantung  $= 7 \text{ kg/m}^2$
  - Plafon  $= 11 \text{ kg/m}^2$
  - Perpipaian  $= 25 \text{ kg/m}^2 +$   
 $= 43 \text{ kg/m}^2$
- b. Pelat lantai
  - Keramik  $= 24 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi  $= 21 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung  $= 7 \text{ kg/m}^2$
  - Plafon  $= 11 \text{ kg/m}^2$
  - Perpipaian  $= 25 \text{ kg/m}^2 +$   
 $= 88 \text{ kg/m}^2$
- c. Dinding  $= 450 \text{ kg/m}^2 \times (3.4-0,6)$   
 $= 1530 \text{ kg/m}$
- d. Tangga  $= 110,99 \text{ kg/m}$

#### 5.3.2 Beban hidup

- Atap  $= 0,96 \text{ kN/m}^2 = 96 \text{ kg/m}^2$
- Lantai  $= 1,44 \text{ kN/m}^2 = 144 \text{ kg/m}^2$
- Tangga  $= 4,79 \text{ kN/m}^2 = 479 \text{ kg/m}^2$

Dari analisa yang telah dilakukan berikut adalah rekap pembebanan pada gedung Apartemen Ragom Gawi Bandar Lampung:

**Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi**

Lantai	Tinggi (m)	Berat (kg)
Atap	112.2	1088946.68
33	108.8	1227018.44

32	105.4	1227018.44
31	102	1227018.44
30	98.6	1227018.44
29	95.2	1227018.44
28	91.8	1227018.44
27	88.4	1227018.44
26	85	1227018.44
25	81.6	1227018.44
24	78.2	1227018.44
23	74.8	1227018.44
22	71.4	1240706.84
21	68	1240706.84
20	64.6	1240706.84
19	61.2	1240706.84
18	57.8	1240706.84
17	54.4	1240706.84
16	51	1240706.84
15	47.6	1240706.84
14	44.2	1240706.84
13	40.8	1240706.84
12	37.4	1240706.84
11	34	1266175.56
10	30.6	1266175.56
9	27.2	1266175.56
8	23.8	1266175.56
7	20.4	1266175.56

6	17	1266175.56
5	13.6	1266175.56
4	10.2	1266175.56
3	6.8	1266175.56
2	3.4	1266175.56
Base	0	1266175.56
Jumlah		38363329.4

Didapatkan total beban mati dan beban hidup sebesar 38.363.329,4 kg. Pembebanan yang diinputkan pada ETABS2015 haruslah mendekati yang telah dihitung secara manual sehingga pembebanan gravitasi yang didapatkan dari ETABS dapat dikatakan benar. Berikut adalah pembebanan gravitasi yang didapatkan.

Didapatkan total beban mati (DEAD dan DEAD++) dan beban hidup. Jadi, total beban gravitasi pada ETABS2015 (1D+1L) sebesar 38.363.329,4 kg.

Sehingga didapatkan beban gravitasi sebagai berikut:

$$W_{\text{total Manual}} = 38.363.329,4 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total ETABS2015}} = 30.483.780 \text{ kg}$$

Selisih perhitungan manual dan ETABS2015 adalah 8,5%. Jadi, dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS2015 sudah benar.

#### 5.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

Mengacu pada SNI 1726:2012 Ps.7.8.4.2 pada pemodelan ETABS2015 bangunan harus mengakomodir torsi tidak terduga sebesar 5%. Desain harus menyertakan momen torsi bawaan yang dihasilkan dari struktur ditambah momen torsi tidak terduga yang disebabkan oleh perpindahan pusat massa dari lokasi aktualnya yang diasumsikan pada masing-masing arah dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang ditetapkan.

**a. Kategori Resiko dan faktor Keutamaan Bangunan**

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2 Tabel 1 dan 2, kategori untuk apartemen adalah termasuk dalam kategori risiko II dan memiliki faktor keutamaan gempa,  $I_e$ , 1,0.

**b. Kelas Situs**

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung Apartemen Ragom Gawi didapatkan berdasarkan nilai  $N$  (tes  $N_{spt}$ ) lebih besar dari 15 jadi dapat dikatakan tanah termasuk dalam kelas situs **SD** (Tanah sedang).

**c. Percepatan Respon Spektrum (MCE)**

Berdasarkan SNI 1726:2012 Gambar 9, nilai parameter percepatan respon spektral periode pendek,  $S_s$ , untuk Kota Bandar Lampung adalah 0,7-0,8g, diambil 0,739g. Sedangkan berdasarkan SNI 1726:2012 Gambar 10, nilai parameter percepatan respon spektral periode 1 detik,  $S_I$ , untuk Kota Bandar Lampung adalah 0,3-0,4 g, diambil 0,318g. dari nilai tersebut didapat data-data sebagai berikut:

$$F_a = 1,208$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2 Tabel 4

$$F_v = 1,765$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2 Tabel 4

$$SM_s = F_a \times S_s = 1,208 \times 0,739 = 0,894$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2

$$SM_I = F_v \times S_I = 1,765 \times 0,318 = 0,56$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.2

$$SD_s = \frac{2}{3} \times SM_s = \frac{2}{3} \times 0,894 = 0,596$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.3

$$SD_I = \frac{2}{3} \times SM_I = \frac{2}{3} \times 0,56 = 0,378$$

SNI 1729:2015 Pasal 6.3

**d. Kategori Desain Seismik**

Berdasarkan 1726:2012 Pasal 6.5 Tabel 6, struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang ditentukan

dengan alternatif prosedur penyederhanaan desain menggunakan nilai  $SD_s$ . Sehingga didapat kategori risiko D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Ganda yaitu Dinding geser beton bertulang khusus.

**e. Respon Spektrum Desain**

Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_o$ , Respon percepatan desain,  $S_a I$ , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_o} \right)$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_o$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respon percepatan desain

$$S_a = S_{DS}$$

Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respon percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dimana

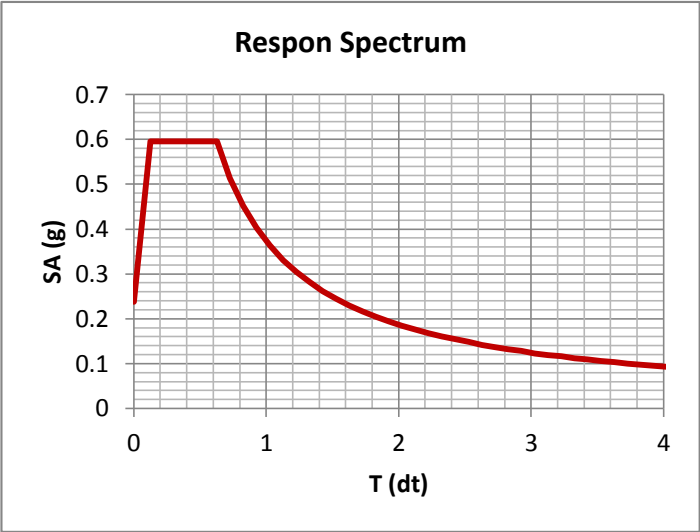
$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,126 \text{ dt}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,629 \text{ dt}$$

Sehingga didapatkan respon spektrum desain sebagai berikut:

**Tabel 5. 2 Respon Spektrum Desain**

T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
0	0.238	1.727	0.216	2.927	0.128
0.125	0.596	1.827	0.204	3.027	0.123
0.627	0.596	1.927	0.194	3.127	0.119
0.727	0.514	2.027	0.184	3.227	0.116
0.827	0.452	2.127	0.176	3.327	0.112
0.927	0.403	2.227	0.168	3.427	0.109
1.027	0.364	2.327	0.161	3.527	0.106
1.127	0.331	2.427	0.154	3.627	0.103
1.227	0.304	2.527	0.148	3.727	0.1
1.327	0.282	2.627	0.142	3.827	0.098
1.427	0.262	2.727	0.137	3.927	0.095
1.527	0.245	2.827	0.132	4	0.093
1.627	0.23				



Gambar 5. 2 Grafik Respon Spektrum Desain

f. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental (T)

$T = T_a \times C_u$

$T_a = C_t \times Hn^x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

Nilai Ct didapat 0, 0466

Maka didapat nilai  $T_a$  dengan persamaan berikut:

$$T_a = C_t \times Hn^x$$
$$T_a = 0,0466 \times 112,2^{0,9}$$



$$T_a = 2,034$$

Sehingga  $t$  yang nantinya didapat dari analisa ETABS2015 harus kurang dari  $C_u \times T_a$

$$T < 1,4 \times 2,034 = 2,848$$

**Tabel 5. 3 Modal Periode dan Frekuensi**

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	2.738	0.365	2.295	5.2669
Modal	2	2.644	0.378	2.3762	5.6461
Modal	3	2.1	0.476	2.9919	8.9513
Modal	4	0.845	1.183	7.4329	55.2476
Modal	5	0.726	1.377	8.6543	74.8976
Modal	6	0.497	2.012	12.641	159.7936
Modal	7	0.433	2.308	14.5026	210.3264
Modal	8	0.33	3.032	19.0479	362.823
Modal	9	0.276	3.622	22.7572	517.8908
Modal	10	0.268	3.735	23.4671	550.7039
Modal	11	0.252	3.971	24.9491	622.4599
Modal	12	0.24	4.169	26.1973	686.2985
Modal	13	0.209	4.776	30.0085	900.5101
Modal	14	0.199	5.013	31.5006	992.2858
Modal	15	0.194	5.158	32.4092	1050.3541
Modal	16	0.163	6.12	38.4537	1478.6882
Modal	17	0.157	6.384	40.1121	1608.9827
Modal	18	0.155	6.448	40.5141	1641.3893
Modal	19	0.138	7.258	45.6036	2079.6912
Modal	20	0.135	7.392	46.4425	2156.9077

$T$  terbesar yang didapat dari analisa ETABS2015 = 2,738 dt maka:

$$T < T_{ETABS} < C_u \times T_a$$

$$2,52 < 2,738 \text{ dt} < 2.848 \text{ dt} \dots \text{OK}$$

**g. Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)**

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1. Nilai  $R$  yang dipakai yaitu  $R$  untuk sistem ganda dengan dinding geser beton bertulang khusus = 7.

SNI 1729:2012 Tabel 9

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s = \frac{0,596}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,085$$

Nilai  $C_s$  tidak boleh lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s = \frac{0,374}{2,738 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,019$$

Nilai  $C_s$  tidak boleh kurang dari

$$C_s = 0,44 S_{DS} I_e$$

$$C_s = 0,44 \times 0,596 \times 1 = 0,026$$

Maka nilai  $C_s$  diambil 0,026.

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk bangunan apartemen sebesar 0,3, sehingga didapatkan berat seismik efektif bangunan ( $W$ ) sebagai berikut :

**Tabel 5. 4 Berat Efektif Struktur**

Load Case/Combo	FZ (kg)
1D + 0,3L	30,483,780.00

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$V = C_s W$$

$$= 0,026 \times 30483780$$

$$= 799406,6 \text{ kg}$$

Jika kombinasi respon untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan  $0,85V/V_t$  (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS2015 didapatkan gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) sebagai berikut:

**Tabel 5. 5 Reaksi Beban Gempa Arah X**

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	70045.94646	26784.81
Ey Max	25542.44574	71842.15

$$V = 799406,6 \text{ kg}$$

$$V_{xt} = 270872.880 \text{ kg}$$

$$V_{yt} = 282508.950 \text{ kg}$$

Maka untuk arah x,

$$\begin{aligned} V_{xt} &> 0,85 V \\ 33355.21 \text{ Kg} &> 0,85 \times 799406,6 \text{ kg} \\ 33355.21 \text{ Kg} &> 67949,56 \text{ kg} \text{ Not Ok} \end{aligned}$$

Maka untuk arah y,

$$\begin{aligned} V_{yt} &> 0,85 V \\ 31235.71 \text{ Kg} &> 0,85 \times 799406,6 \text{ kg} \\ 31235.71 \text{ Kg} &> 67949,56 \text{ kg} \text{ Not Ok} \end{aligned}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 03-1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala  $0,85V/V_t$ .

Arah x :

$$\frac{0,85.V}{V_{xt}} = \frac{0,85 \times 799406,6}{33355.21} = 2,037$$

Arah x :

$$\frac{0,85.V}{V_{xt}} = \frac{0,85 \times 799406,6}{31235.71} = 5,587$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan *running* ulang pada program analisis. Hasil dari *running* ulang tersebut adalah:

**Tabel 5. 6 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y**

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	70045.94646	26784.80686
Ey Max	25542.44574	71842.14565

Setelah Diberikan Faktor Skala

$$V = 799406,6 \text{ kg}$$

$$V_{xt} = 70045,95 \text{ kg}$$

$$V_{yt} = 71842,15 \text{ kg}$$

Maka untuk arah x,

$$\begin{aligned} V_{xt} &> 0,85 V \\ 70045,95 \text{ Kg} &> 0,85 \times 799406,6 \text{ kg} \\ 70045,95 \text{ Kg} &> 67949,56 \text{ kg} \text{ Ok} \end{aligned}$$

Maka untuk arah y,

$$\begin{aligned} V_{yt} &> 0,85 V \\ 71842,15 \text{ kg} &> 0,85 \times 799406,6 \text{ kg} \\ 71842,15 \text{ kg} &> 67949,56 \text{ kg} \text{ Ok} \end{aligned}$$

Ternyata hasil dari *running* ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil *running* ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

#### **h. Kontrol Dual sistem**

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan *shear wall*.

**Tabel 5. 7 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul Akibat Gempa Arah X dan Arah Y**

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	KN	%	KN	%
SW	18808.9648	74%	24244.8439	75%
SRPM	6720.178	26%	7917.3185	25%
Total	25529.1428	100%	32162.1624	100%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual sistem.

**i. Kontrol Partisipasi Massa**

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90%.

**Tabel 5. 8 Modal Partisipasi Massa**

Case	Mode	Period (sec)	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	2.738	0.6254	0.0417	0
Modal	2	2.644	0.7065	0.3807	0
Modal	3	2.1	0.7067	0.6553	0
Modal	4	0.845	0.8256	0.6607	0
Modal	5	0.726	0.8408	0.7417	0
Modal	6	0.497	0.8411	0.8254	0
Modal	7	0.433	0.889	0.828	0
Modal	8	0.33	0.8953	0.8599	0
Modal	9	0.276	0.9174	0.86	0

Modal	10	0.268	0.9176	0.86	0
Modal	11	0.252	0.9178	0.8608	0
Modal	12	0.24	0.9197	0.8904	0
Modal	13	0.209	0.92	0.8933	0
Modal	14	0.199	0.9329	0.8935	0
Modal	15	0.194	0.9371	0.9089	0
Modal	16	0.163	0.939	0.9153	0
Modal	17	0.157	0.9392	0.9233	0
Modal	18	0.155	0.9478	0.9234	0
Modal	19	0.138	0.9478	0.9235	0
Modal	20	0.135	0.9506	0.9337	0

<b>TABLE: Modal Load Participation Ratios</b>				
<b>Case</b>	<b>Item Type</b>	<b>Item</b>	<b>Static</b>	<b>Dynamic</b>
			%	%
Modal	Acceleration	UX	99.99	95.06
Modal	Acceleration	UY	99.99	93.37

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi

#### **j. Kontrol Drift**

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Nilai dari simpangan antar lantai ini dihitung dengan aplikasi program bantu struktur yang selanjutnya batasan simpangan dinyatakan dengan perumusan seperti berikut ini:

Untuk kontrol *drift* pada SNI 1726:2012, dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{XE}}{I}$$

Dimana:

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi ( =5.5) (SNI tabel 9)

$I$  = faktor keutamaan gedung ( = 1 )

**Tabel 5. 9 Batas Simpangan antar Lantai**

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Untuk sistem struktur dual sistem, *drift* dibatasi sebesar:

$$= 0.020.h_{sx}$$

$$= 0.020 \times 3400 = 68 \text{ mm}$$

Tingkat	hi	$\delta_{xe}$	$\delta_x$	Drift ( $\Delta n_x$ )	Syarat $\Delta a$	Ket
	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	3.4	0.3669	2.0180	0.0508	68	OK
33	3.4	0.3577	1.9671	0.0530	68	OK
32	3.4	0.3480	1.9141	0.0536	68	OK
31	3.4	0.3383	1.8605	0.0545	68	OK
30	3.4	0.3284	1.8060	0.0557	68	OK
29	3.4	0.3182	1.7503	0.0570	68	OK
28	3.4	0.3079	1.6932	0.0586	68	OK
27	3.4	0.2972	1.6347	0.0602	68	OK

26	3.4	0.2863	1.5745	0.0618	68	OK
25	3.4	0.2750	1.5128	0.0633	68	OK
24	3.4	0.2635	1.4494	0.0655	68	OK
23	3.4	0.2516	1.3840	0.0658	68	OK
22	3.4	0.2397	1.3181	0.0678	68	OK
21	3.4	0.2273	1.2503	0.0692	68	OK
20	3.4	0.2148	1.1811	0.0706	68	OK
19	3.4	0.2019	1.1106	0.0718	68	OK
18	3.4	0.1889	1.0388	0.0729	68	OK
17	3.4	0.1756	0.9659	0.0739	68	OK
16	3.4	0.1622	0.8920	0.0746	68	OK
15	3.4	0.1486	0.8173	0.0752	68	OK
14	3.4	0.1349	0.7422	0.0754	68	OK
13	3.4	0.1212	0.6668	0.0757	68	OK
12	3.4	0.1075	0.5911	0.0741	68	OK
11	3.4	0.0940	0.5170	0.0735	68	OK
10	3.4	0.0806	0.4435	0.0718	68	OK
9	3.4	0.0676	0.3717	0.0692	68	OK
8	3.4	0.0550	0.3025	0.0657	68	OK
7	3.4	0.0431	0.2369	0.0609	68	OK
6	3.4	0.0320	0.1760	0.0547	68	OK
5	3.4	0.0220	0.1213	0.0469	68	OK
4	3.4	0.0135	0.0744	0.0372	68	OK
3	3.4	0.0068	0.0372	0.0259	68	OK
2	3.4	0.0021	0.0113	0.0113	68	OK
1	3.4	0	0	0	68	OK



**Tabel 5. 10 Drift Gempa Arah Y**

Tingkat	hi	$\delta y_e$	$\delta y$	Drift ( $\Delta n_x$ )	Syarat $\Delta a$	Ket
	m	mm	mm	mm	mm	
Atap	3.4	0.2134	1.1737	0.0185	68	OK
33	3.4	0.2100	1.1552	0.0226	68	OK
32	3.4	0.2059	1.1326	0.0248	68	OK
31	3.4	0.2014	1.1078	0.0265	68	OK
30	3.4	0.1966	1.0812	0.0282	68	OK
29	3.4	0.1915	1.0531	0.0298	68	OK
28	3.4	0.1861	1.0233	0.0313	68	OK
27	3.4	0.1804	0.9920	0.0327	68	OK
26	3.4	0.1744	0.9594	0.0339	68	OK
25	3.4	0.1683	0.9254	0.0353	68	OK
24	3.4	0.1618	0.8901	0.0372	68	OK
23	3.4	0.1551	0.8530	0.0361	68	OK
22	3.4	0.1485	0.8169	0.0377	68	OK
21	3.4	0.1417	0.7791	0.0390	68	OK
20	3.4	0.1346	0.7402	0.0400	68	OK
19	3.4	0.1273	0.7001	0.0410	68	OK
18	3.4	0.1198	0.6591	0.0420	68	OK
17	3.4	0.1122	0.6171	0.6171	68	OK
16	3.4	0.1044	0.5743	0.5743	68	OK
15	3.4	0.0965	0.5307	0.5307	68	OK
14	3.4	0.0884	0.4864	0.4864	68	OK
13	3.4	0.0803	0.4414	0.4414	68	OK
12	3.4	0.0719	0.3956	0.3956	68	OK
11	3.4	0.0639	0.3514	0.3514	68	OK
10	3.4	0.0558	0.3069	0.3069	68	OK

Tingkat	hi	$\delta_{ye}$	$\delta_y$	Drift ( $\Delta n_x$ )	Syarat $\Delta a$	Ket
	m	mm	mm	mm	mm	
9	3.4	0.0477	0.2625	0.2625	68	OK
8	3.4	0.0398	0.2187	0.2187	68	OK
7	3.4	0.0320	0.1761	0.1761	68	OK
6	3.4	0.0246	0.1353	0.1353	68	OK
5	3.4	0.0177	0.0971	0.0971	68	OK
4	3.4	0.0114	0.0626	0.0626	68	OK
3	3.4	0.0060	0.0330	0.0330	68	OK
2	3.4	0.0019	0.0103	0.0103	68	OK
1	3.4	0	0	0	68	OK

Simpangan yang terjadi didapat dari hasil program bantu ETABS2015. Berdasarkan persyaratan besarnya kinerja layan yang terjadi pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, yaitu:

$$\Delta_n = \frac{(\delta_2 - \delta_1) C_d}{I} < \Delta_a$$

Sehingga berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan Sumbu Y memenuhi persyaratan.

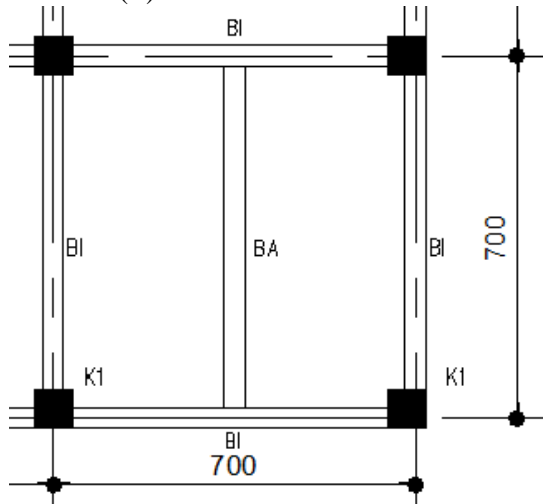
## 5.5 Perencanaan Balok Induk

### 5.5.1 Perencanaan balok induk

Direncanakan memakai profil WF 600 x 200 x 11 x 17, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{array}{llll}
 W = 106 \text{ kg/m} & t_f = 17 \text{ mm} & i_y = 4,12 \text{ cm} & S_y = 357 \text{ cm}^3 \\
 A = 134,4 \text{ cm}^2 & t_w = 11 \text{ mm} & I_x = 77600 \text{ cm}^4 & Z_x = 2590 \text{ cm}^3 \\
 b = 200 \text{ mm} & r = 22 \text{ mm} & I_y = 2280 \text{ cm}^4 & Z_y = 228 \text{ cm}^3 \\
 d = 600 \text{ mm} & i_x = 24 \text{ cm} & S_x = 2863 \text{ cm}^3 & h = 522 \text{ mm} \\
 BJ 41 : f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 & & f_r = 700 \text{ kg/cm}^2 & \\
 & f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 & & \\
 \text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2 & & \text{tebal} = 11 \text{ cm} & \\
 & h_r = 5,3 \text{ cm} & \text{tebal pelat} = 5,7 \text{ cm} & 
 \end{array}$$

Panjang balok induk (L) = 700 cm



**Gambar 5. 3 Denah Pembalokan Lantai**

**a. Kondisi Sebelum Komposit**

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil SAP200, diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$M_{max} = 16758,25 \text{ kgm}$$

$$V_{max} = 12704,97 \text{ kg}$$

➤ Kontrol Penampang

➤ Kontrol Sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,88$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} < \lambda_p \end{array} \right\}$$

Penampang  
kompak

➤ Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,45$$

$$\left. \frac{h}{t_w} < \lambda_p \right\}$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

$$M_n = 2500 \times 2590 = 3215000 \text{ kgcm} = 32150 \text{ kgm}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\phi_b M_n \geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 32150 \geq 8515,44$$

$$28935 \text{ kgm} \geq 8515,44 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol Tekuk Lateral**

$$L_b = 0 \text{ cm} \quad \text{Berpengaku sepanjang balok}$$

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 4,12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 205,09 \text{ cm}$$

$$\text{SNI 1729:2015 Pasal F2.1}$$

➤ **Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{ijin}) = \frac{L}{360} \text{ SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

$$\text{Dari hasil ETABS diperoleh lendutan sebesar } f^o = 0,095 \text{ cm, maka}$$

$$f^o \leq f_{ijin} \longrightarrow 0,52 \text{ cm} < 1,67 \text{ cm}$$

**b. Kondisi Setelah Komposit**

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil ETABS2015 diperoleh gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$M_{max} (+) = 112433,48 \text{ kgm}$$

$$M_{max} (-) = 64922,333 \text{ kgm}$$

$$V_{max} = 231761,97 \text{ kg}$$

**Zona Momen Positif**

➤ **Menghitung Momen Nominal**

➤ **Lebar Efektif**

$$\left. \begin{aligned} b_{\text{eff}} &\leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 700 = 175 \text{ cm} \\ b_{\text{eff}} &\leq S = 3,5 \text{ m} = 350 \text{ cm} \end{aligned} \right\} b_{\text{eff}} = 175 \text{ cm}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.1.1a

➤ **Kriteria Penampang**

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{522}{11} = 47,45 \\ 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Momen nominal} \\ \text{dianalisa dengan} \\ \text{distribusi} \\ \text{tegangan plastis} \end{array}$$

SNI 1729:2015 Pasal I3.2.2a

$$\begin{aligned} C &= 0,85 f'_c t_{\text{plat}} b_{\text{eff}} \\ &= 0,85 \times 300 \times (11-5,3) \times 175 \\ &= 254362,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s F_y \\ &= 134,4 \times 2500 \\ &= 336000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{T-C}{b \times 2 F_y} \\ &= \frac{336000-254362,5}{0,85 \times 300 \times 184,4} = 0,82 \text{ cm} > t_f = 0,17 \text{ cm} \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Garis netral} \\ \text{pada badan} \\ \text{profil baja} \end{array}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T \left( \frac{d}{2} - t \right) + C \left( \frac{t_{\text{beton}}}{2} + t \right) + (T-C) \frac{t}{2} \\ &= 336000 \left( \frac{60}{2} - 0,82 \right) + 254362,5 \left( \frac{0,11}{2} + 0,82 \right) + \\ &\quad (336000 - 254362,5) \frac{0,82}{2} \\ &= 12574800 \text{ kgcm} = 125748 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &\geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 125748 \geq 64922,333 \\ 113173,2 \text{ kgm} &\geq 64922,333 \text{ kgm} \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Lendutan**

$$\text{Batas lendutan maks } (f_{\text{ijin}}) = \frac{L}{360} \quad \text{SNI 1729:2015 6.4.3}$$

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

Dari hasil ETABS2015 diperoleh lendutan sebesar  $f^o = 0,11$  cm, maka  
 $f^o \leq f_{ijin} \rightarrow 0,11 \text{ cm} < 1,94 \text{ cm}$

➤ **Kontrol Geser**

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 F_y A_w C_v && \text{SNI 1729:2015 Pasal 6.4.3} \\
 \frac{h}{t_w} &= \frac{522}{11} = 47,45 \\
 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 2,24 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63,36 && \left. \begin{array}{l} \phi_v = 1,00 \\ C_v = 1,0 \end{array} \right\} \\
 V_n &= 0,6 \times 2500 \times 522 \times 11 \times 1 = 861300 \text{ kg} \\
 \phi_v V_n &\geq V_u \rightarrow \phi = 1,0 && \text{SNI 1729:2015 Pasal G2.1} \\
 \phi_v V_n &\geq V_u \rightarrow 861300 \text{ kg} \geq 231761,97 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Zona Momen Negatif**

$$T = n \times A_r \times f_{yr} = 10 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 1,2^2\right) \times 2500 = 28274,33 \text{ kg}$$

$$P_{yc} = A_s \times f_y = 134,4 \times 2500 = 366000 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap profil  $T_f$

$$T_f = b_f \times t_f \times f_y = 20 \times 1,7 \times 2500 = 85000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan profil  $T_w$

$$\begin{aligned}
 T_w &= \frac{(P_{yc} - T)}{2} - T_f \\
 &= \frac{366000 - 28274,33}{2} - 85000 = 68862,83 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jarak garis netral  $a_w$

$$a_w = \frac{T_w}{f_y t_w} = \frac{68862,83}{2500 \times 1,1} = 25,04 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{(T_f \times 0,5 t_f) + (T_w (t_f + 0,5 a_w))}{T_f + T_w} \\
 &= \frac{(85000 \times 0,5 \times 1,7) + (68862,83 (1,7 + 0,5 \times 25,04))}{85000 + 68862,83}
 \end{aligned}$$

$$= 6,83 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{d}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= h_r + t_b - c = 5,3 + 5,7 - 2 = 9 \text{ cm} \\
 Mn &= T (d_1 + d_2) + P_{yc} (d_3 - d_2) \\
 &= 28274,33 (9 + 6,83) + 336000 (30 - 6,83) \\
 &= 8231439,09 \text{ kgcm} = 82314,39 \text{ kgm} \\
 \phi M_n &\geq M_u \longrightarrow \phi = 0,90 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal F1} \\
 \phi M_n &\geq M_u \longrightarrow 0,90 \times 82314,39 \geq 64922,333 \\
 77286,86 \text{ kgm} &\geq 64922,333 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### c. Perencanaan Penghubung Geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$d_s = 16 \text{ mm}$$

$$A_{sa} = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \\
 &= 0,043 (2400^{1,5}) \sqrt{30} \\
 &= 27691,47 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I8.2a}$$

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 0,5 \times 201,06 \sqrt{30 \times 27691,47} \\
 &= 91628,23 \text{ N} \\
 &= 9162,82 \text{ kg/stud}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_g R_p A_{sa} F_u &= 1 \times 0,75 \times 201,06 \times 41 \\
 &= 6182,65 \text{ kg/stud}
 \end{aligned}$$

$$Q_n = 6182,65 \text{ kg/stud}$$

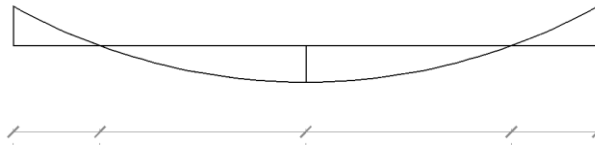
Jumlah penghubung geser momen positif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{V}{2Q_n} = \frac{336000}{2 \times 6182,65} = 27,17 \approx 28 \text{ buah}$$

Jumlah penghubung geser momen negatif yang diperlukan jika dipasang 2 penghubung geser dalam satu baris:

$$N = \frac{V}{2Q_n} = \frac{28274,33}{2 \times 6182,65} = 2,29 \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak penghubung geser (S)} = \frac{L}{N} = \frac{700}{64} = 10,94 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$



**Gambar 5. 4 Penempatan Penghubung Geser**

## 5.6 Perencanaan Kolom

### 5.6.1 Perencanaan kolom K1

Kolom direncanakan menggunakan profil K 588x 300x12x20, dengan data sebagai berikut:

$$W = 302 \text{ kg/m} \quad t_f = 20 \text{ mm} \quad i_y = 18,16 \text{ cm} \quad Z_y = 4419,5 \text{ cm}^3$$

$$A = 385 \text{ cm}^2 \quad t_w = 12 \text{ mm} \quad I_x = 127020 \text{ cm}^4$$

$$B = 588 \text{ mm} \quad r = 28 \text{ mm} \quad I_y = 132585 \text{ cm}^4$$

$$H = 300 \text{ mm} \quad i_x = 18,16 \text{ cm} \quad Z_x = 4320,4 \text{ cm}^3$$

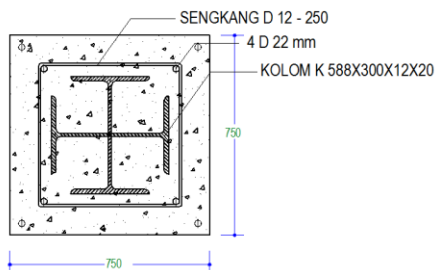
$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang} = 12 \text{ mm}$$



**Gambar 5. 5 Penampang Kolom Komposit K1**

Kontrol luas penampang minimum profil baja:

$$\begin{aligned} \rho_{sr} &= \frac{A_{sr}}{A_g} && \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.1} \\ &= \frac{385}{75 \times 75} = 0,07 > \rho_{sr \text{ min}} = 0,004 \end{aligned}$$



SNI 1729:2015 Pasal I2.1a (3)

Kontrol jarak sengkang = 250 mm < 406 mm

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a (2)

Kontrol mutu beton = 21 MPa < 30 MPa < 70 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3.1

Kontrol mutu tulangan = 250 MPa < 525 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3.2

#### a. Kontrol Kekuatan Tekan

Dari hasil ETABS2015 diperoleh gaya dalam maksimum pada kolom sebagai berikut:

$$P_u = 315603,54 \text{ kg} = 3156035,4 \text{ N}$$

$$M_{ux} = 92390,05 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 85662,7 \text{ kgm}$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0,85 f'_c A_c$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.4

$$= 250 \times 385 \times 10^2 + 250 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 + 0,85 \times 30 \times 750^2$$

$$= 24063783,18 \text{ N}$$

$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.5

$$= \pi^2 (E_s I_s + 0,5 E_s I_{sr} + C_l E_c I_c) / (KL)^2$$

$$C_l = 0,1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0,3$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.7

$$= 0,1 + 2 \left( \frac{385}{75 \times 75 + 385} \right)$$

$$= 0,23$$

$$E_c = 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,043 (2400^{1,5}) \sqrt{30}$$

$$= 27691,47 \text{ MPa}$$

$$E_s I_s = 2 \times 10^5 \times 127020 \times 10^4 = 2,54 \times 10^{14}$$

$$0,5 E_s I_{sr} = 0,5 \times 2 \times 10^5 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \times ((750 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22)/2)^2$$

$$= 3,7 \times 10^{12}$$

$$C_l E_c I_c = 0,20 \times 27691,47 \times 750^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 750 \right)^2$$

$$= 4,99 \times 10^{14}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 3400)^2 = 1,156 \times 10^7$$

$$P_e = \pi^2 (1,35 \times 10^{13} + 2,61 \times 10^{12} + 2,47 \times 10^{14}) / 1,156 \times 10^7$$

$$= 646666292.1 \text{ N}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{24063783.18}{646666292.1} = 0,04 \leq 2,25 \longrightarrow P_n = P_{no} \left[ 0,658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_n = 24063783.18 [0,658^{0,04}] = 23691890.53 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.2

$$\phi_c P_n = 0,75 \times 23691890.53 = 17768917.9 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_u \leq \phi_c P_n = 3156035,4 \text{ N} < 17768917.9 \text{ N}$$

### b. Kontrol Kekuatan Lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smoth (1996):

$$Mn_c = F_y Z - \frac{1}{3} \left( 5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} - \left( \frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1,7 f'_c h} \right) A_w F_y \right)$$

$$C_r = 40 + 12 + (22/2) = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 4 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 = 1520,53 \text{ mm}^2 = 15,21 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (588 - 2 \times 20) \times 12 \times 2 = 13152 \text{ mm}^2 = 131,52 \text{ cm}^2$$

$$h = 750 \text{ mm} = 75 \text{ cm}$$

$$Mn_x = 2500 \times 4320,4 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6,3 \times 15,2 \times 2500 + \left( \frac{75}{2} - \frac{131,52 \times 2500}{1,7 \times 300 \times 75} \right) 131,52 \times 2500 \right)$$

$$= 13809215,73 \text{ kgcm} = 138092,16 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_x = 0,9 \times 138092,16 = 126512,69 \text{ kgm}$$

$$M_u < \phi Mn_x = 92390,05 \text{ kgm} < 126512,69 \text{ kgm}$$

$$Mn_y = 2500 \times 4419,5 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6,3 \times 15,2 \times 2500 + \left( \frac{75}{2} - \frac{131,52 \times 2500}{1,7 \times 300 \times 75} \right) 131,52 \times 2500 \right)$$

$$= 14056965,73 \text{ kgcm} = 140569,66 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_y = 0,9 \times 140569,66 = 126512,69 \text{ kgm}$$

$$M_u < \phi Mn_y = 85662,7 \text{ kgm} < 126512,69 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Persamaan Interaksi

$$P_r = P_u = 3156035,4 \text{ N}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 17768917,9 \text{ N}$$

$$M_r = M_u$$

$$M_c = \phi Mn$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{3156035,4}{17768917,9} = 0,18 < 0,2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right)$$

SNI 1729:2015 Pasal H1.1

$$\begin{aligned} & \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \\ &= \frac{3156035,4}{2 \times 17768917,9} + \left( \frac{92390,05}{124282,94} + \frac{85662,7}{126512,69} \right) = 1,37 \leq 1 \end{aligned}$$

#### d. Kontrol Strong Coloumn Weak Beam

$$\begin{aligned} M_{pr}^* &= 1,1 \times 1,5 \times F_y \times Z_x \times \left( 1 - \frac{P_c}{P_y} \right) \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 4320,4 \times \left( 1 - \frac{1776891,79}{385 \times 2500} \right) \\ &= 11977934,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,1 \times 1,5 \times F_y \times Z_x \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 4320,4 \\ &= 17821650 \end{aligned}$$

$$\frac{M_{pr}^*}{M_{pr}} = \frac{11977934,85}{17821650} = 0,67 < 1$$

### 5.6.2 Perencanaan kolom K2

Kolom direncanakan menggunakan profil K 500x200x10x16, dengan data sebagai berikut:

$$W = 179,2 \text{ kg/m} \quad t_f = 16 \text{ mm} \quad i_y = 15,7 \text{ cm} \quad Z_y = 2046,6 \text{ cm}^3$$

$$A = 228,4 \text{ cm}^2 \quad t_w = 10 \text{ mm} \quad I_x = 29940 \text{ cm}^4$$

$$B = 500 \text{ mm} \quad r = 20 \text{ mm} \quad I_y = 52189 \text{ cm}^4$$

$$H = 200 \text{ mm} \quad i_x = 14,79 \text{ cm} \quad Z_x = 1997,6 \text{ cm}^3$$

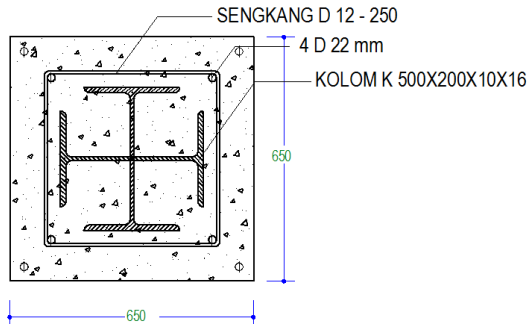
$$BJ 41 : f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang} = 12 \text{ mm}$$



**Gambar 5. 6 Penampang Kolom Komposit K2**

Kontrol luas penampang minimum profil baja :

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.1}$$

$$= \frac{385}{75 \times 75} = 0,047 > \rho_{sr \min} = 0,004$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a (3)

Kontrol jarak sengkang = 250 mm < 406 mm

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a (2)

Kontrol mutu beton = 21 MPa < 30 MPa < 70 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3.1

Kontrol mutu tulangan = 250 MPa < 525 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3.2

#### a. Kontrol Kekuatan Tekan

Dari hasil ETABS2015 diperoleh gaya dalam maksimum pada kolom sebagai berikut:

$$P_u = 266736,76 \text{ kg} = 2667367,6 \text{ N C61}$$

$$M_{ux} = 33638,95 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 29089,08 \text{ kgm}$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0,85 f'_c A_c \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.4}$$

$$= 250 \times 385 \times 10^2 + 250 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 + 0,85 \times 30 \times 650^2$$

$$= 16578783,18 \text{ N}$$

$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.5}$$

$$= \pi^2 (E_s I_s + 0,5 E_s I_{sr} + C_l E_c I_c) / (KL)^2$$

$$C_l = 0,1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0,3 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.7}$$

$$= 0,1 + 2 \left( \frac{385}{65 \times 65 + 385} \right)$$

$$= 0,2$$

$$E_c = 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,043 (2400^{1,5}) \sqrt{30}$$

$$= 27691,47 \text{ MPa}$$

$$E_s I_s = 2 \times 10^5 \times 127020 \times 10^4 = 5,99 \times 10^{13}$$

$$0,5 E_s I_{sr} = 0,5 \times 2 \times 10^5 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \times ((650 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22)/2)^2$$

$$= 2,61 \times 10^{12}$$

$$C_l E_c I_c = 0,20 \times 27691,47 \times 650^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 650 \right)^2$$

$$= 2,5 \times 10^{14}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 3400)^2 = 1,156 \times 10^7$$

$$P_e = \pi^2 (5,99 \times 10^{13} + 2,61 \times 10^{12} + 2,5 \times 10^{14}) / 1,156 \times 10^7$$

$$= 267080721,8 \text{ N}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{16578783,18}{267080721,8} = 0,06 \leq 2,25 \longrightarrow P_n = P_{no} \left[ 0,658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_n = 16578783,18 [0,658^{0,06}] = 16153595,22 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.2

$$\phi_c P_n = 0,75 \times 16153595,22 = 12115196,41 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_u \leq \phi_c P_n = 2667367,6 \text{ N} < 12115196,41 \text{ N}$$

## b. Kontrol Kekuatan Lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smoth (1996):

$$M_{nc} = F_y Z - \frac{1}{3} \left( 5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} - \left( \frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1,7 f'_c h} \right) A_w F_y \right)$$

$$C_r = 40 + 12 + (22/2) = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 4 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 = 1520,53 \text{ mm}^2 = 15,21 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (500 - 2 \times 20) \times 12 \times 2 = 11040 \text{ mm}^2 = 110,4 \text{ cm}^2$$

$$h = 650 \text{ mm} = 65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Mn_x &= 2500 \times 1997,6 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6,3 \times 15,21 \times 2500 + \right. \\ &\quad \left. \left( \frac{65}{2} - \frac{110,4 \times 2500}{1,7 \times 300 \times 65} \right) 110,4 \times 2500 \right) \\ &= 7058373,077 \text{ kgcm} = 70583,73 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn_x = 0,9 \times 70583,73 = 63525,36 \text{ kgm}$$

$$Mu < \phi Mn_x = 33638,95 \text{ kgm} < 63525,36 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} Mn_y &= 2500 \times 2046,6 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6,3 \times 15,21 \times 2500 + \right. \\ &\quad \left. \left( \frac{65}{2} - \frac{110,4 \times 2500}{1,7 \times 300 \times 65} \right) 110,4 \times 2500 \right) \\ &= 7180873,08 \text{ kgcm} = 71808,7 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn_y = 0,9 \times 71808,73 = 64627,86 \text{ kgm}$$

$$Mu < \phi Mn_y = 29089,08 \text{ kgm} < 64627,86 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Persamaan Interaksi

$$P_r = P_u = 2667367,6 \text{ N}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 12115196,41 \text{ N}$$

$$M_r = M_u$$

$$M_c = \phi Mn$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{2667367,6}{12115196,41} = 0,22 > 0,2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal H1.1}$$

$$\begin{aligned} &\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \\ &= \frac{2667367,6}{12115196,41} + \frac{8}{9} \left( \frac{33638,95}{124282,94} + \frac{29089,08}{126512,69} \right) = 1,00 \leq 1 \end{aligned}$$

### d. Kontrol Strong Coloumn Weak Beam

$$\begin{aligned} Mpr^* &= 1,1 \times 1,5 \times F_y \times Z_x \times \left( 1 - \frac{P_c}{P_y} \right) \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 1997,6 \times \left( 1 - \frac{266736,76}{385 \times 2500} \right) \\ &= 4390822,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mpr &= 1,1 \times 1,5 \times F_y \times Z_x \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 1997,6 \end{aligned}$$

$$= 8240100$$

$$\frac{M_{pr*}}{M_{pr}} = \frac{4390822,28}{8240100} = 0,53 < 1$$

### 5.6.3 Perencanaan kolom K3

Kolom direncanakan menggunakan profil K 396x199x7x11, dengan data sebagai berikut:

$$W = 113,2 \text{ kg/m} \quad t_f = 11 \text{ mm} \quad i_y = 12,19 \text{ cm} \quad Z_y = 1105,1 \text{ cm}^3$$

$$A = 144,32 \text{ cm}^2 \quad t_w = 7 \text{ mm} \quad I_x = 21450 \text{ cm}^4$$

$$B = 396 \text{ mm} \quad r = 16 \text{ mm} \quad I_y = 22267 \text{ cm}^4$$

$$H = 199 \text{ mm} \quad i_x = 12,19 \text{ cm} \quad Z_x = 1083,3 \text{ cm}^3$$

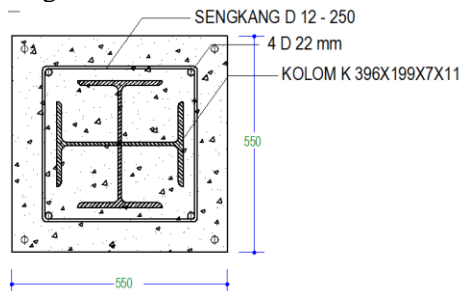
$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tebal} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter sengkang} = 12 \text{ mm}$$



**Gambar 5. 7 Penampang Kolom Komposit K3**

Kontrol luas penampang minimum profil baja:

$$\rho_{sr} = \frac{A_{sr}}{A_g} \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.1}$$

$$= \frac{385}{75 \times 75} = 0,035 > \rho_{sr \text{ min}} = 0,004$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a (3)

Kontrol jarak sengkang = 250 mm < 406 mm

SNI 1729:2015 Pasal I2.1a (2)

Kontrol mutu beton = 21 MPa &lt; 30 MPa &lt; 70 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3.1

Kontrol mutu tulangan = 250 MPa &lt; 525 MPa

SNI 1729:2015 Pasal I1.3.2

**a. Kontrol Kekuatan Tekan**

Dari hasil ETABS2015 diperoleh gaya dalam maksimum pada kolom sebagai berikut:

$$P_u = 18888,52 \text{ kg} = 188885,2 \text{ N}$$

$$M_{ux} = 9865,01 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 6798,99 \text{ kgm}$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0,85 f'_c A_c$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.4

$$= 250 \times 385 \times 10^2 + 250 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 + 0,85 \times 30 \times 750^2$$

$$= 11416783,18 \text{ N}$$

$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.5}$$

$$= \pi^2 (E_s I_s + 0,5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c) / (KL)^2$$

$$C_1 = 0,1 + 2 \left( \frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0,3 \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal I2.7}$$

$$= 0,1 + 2 \left( \frac{385}{55 \times 55 + 385} \right)$$

$$= 0,19$$

$$E_c = 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,043 (2400^{1,5}) \sqrt{30}$$

$$= 27691,47 \text{ MPa}$$

$$E_s I_s = 2 \times 10^5 \times 127020 \times 10^4 = 4,29 \times 10^{13}$$

$$0,5 E_s I_{sr} = 0,5 \times 2 \times 10^5 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \times ((550 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22)/2)^2$$

$$= 1,71 \times 10^{12}$$

$$C_1 E_c I_c = 0,20 \times 27691,47 \times 550^2 \times \left( \frac{1}{2} \times 550 \right)^2$$

$$= 1,21 \times 10^{14}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 3400)^2 = 1,156 \times 10^7$$

$$P_e = \pi^2 (4,29 \times 10^{13} + 1,71 \times 10^{12} + 1,21 \times 10^{14}) / 1,156 \times 10^7$$

$$= 141427808,2 \text{ N}$$





$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{11416783,18}{141427808,2} = 0,08 \leq 2,25 \quad P_n = P_{no} \left[ 0,658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_n = 11416783,18 [0,658^{0,08}] = 11037482 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.2

$$\phi_c P_n = 0,75 \times 11037482 = 8278111,502 \text{ N}$$

SNI 1729:2015 Pasal I2.1b

$$P_u \leq \phi_c P_n = 188885,2 \text{ N} < 8278111,502 \text{ N}$$

### b. Kontrol Kekuatan Lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smoth (1996):

$$Mn_c = F_y Z - \frac{1}{3} \left( 5 - 2C_r A_{sr} F_{yr} - \left( \frac{h}{2} - \frac{A_w F_y}{1,7 f'_c h} \right) A_w F_y \right)$$

$$C_r = 40 + 12 + (22/2) = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$A_{sr} = 4 \times \frac{1}{4} \pi \times 22^2 = 1520,53 \text{ mm}^2 = 15,21 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (396 - 2 \times 20) \times 12 \times 2 = 8544 \text{ mm}^2 = 85,44 \text{ cm}^2$$

$$h = 550 \text{ mm} = 55 \text{ cm}$$

$$Mn_x = 2500 \times 1083,3 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6,3 \times 15,21 \times 2500 + \left( \frac{75}{2} - \frac{85,44 \times 2500}{1,7 \times 300 \times 75} \right) 85,44 \times 2500 \right)$$

$$= 3964409,832 \text{ kgcm} = 39644,09 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_x = 0,9 \times 39644,09 = 35679,69 \text{ kgm}$$

$$M_u < \phi Mn_x = 9865,01 \text{ kgm} < 35679,69 \text{ kgm}$$

$$Mn_y = 2500 \times 1105,1 + \frac{1}{3} \left( 5 - 2 \times 6,3 \times 15,21 \times 2500 + \left( \frac{75}{2} - \frac{85,44 \times 2500}{1,7 \times 300 \times 75} \right) 85,44 \times 2500 \right)$$

$$= 4018909,83 \text{ kgcm} = 40189,09 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn_y = 0,9 \times 40189,09 = 36170,19 \text{ kgm}$$

$$M_u < \phi Mn_y = 6798,99 \text{ kgm} < 36170,19 \text{ kgm}$$

### c. Kontrol Persamaan Interaksi

$$P_r = P_u = 1888852 \text{ N}$$

$$P_c = \phi_c P_n = 8278111,502 \text{ N}$$

$$M_r = M_u$$

$$M_c = \phi Mn$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1888852}{8278111,502} = 0,23 > 0,2 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right)$$

SNI 1729:2015 Pasal H1.1a

$$\begin{aligned} & \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \\ &= \frac{1888852}{8278111,502} + \frac{8}{9} \left( \frac{9865,01}{35679,69} + \frac{6798,99}{36170,19} \right) = 0,59 \leq 1 \end{aligned}$$

#### d. Kontrol Strong Coloumn Weak Beam

$$\begin{aligned} M_{pr*} &= 1,1 \times 1,5 \times F_y \times Z_x \times \left( 1 - \frac{P_c}{P_y} \right) \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 1083,3 \times \left( 1 - \frac{18888,52}{144,32 \times 2500} \right) \\ &= 2129214,59 \end{aligned}$$

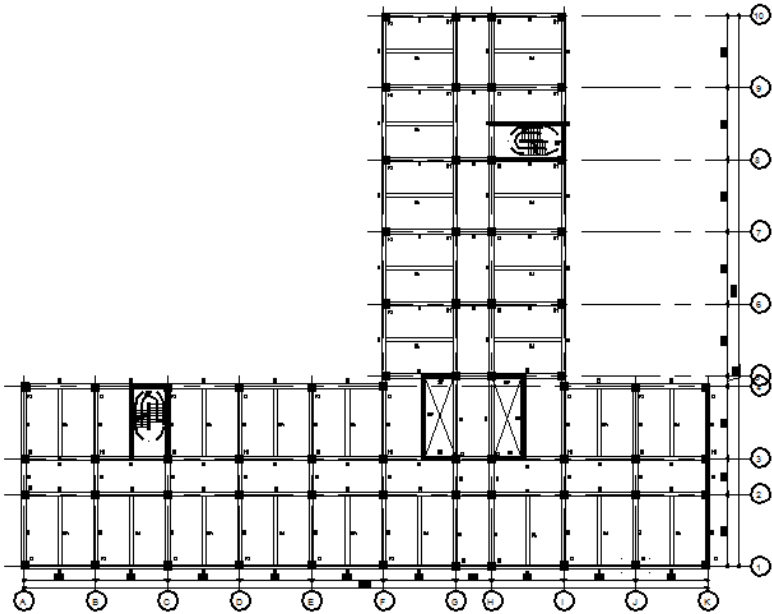
$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,1 \times 1,5 \times F_y \times Z_x \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 1083,3 \\ &= 4468612,5 \end{aligned}$$

$$\frac{M_{pr*}}{M_{pr}} = \frac{2129214,59}{4468612,5} = 0,48 < 1$$

### 5.7 Perencanaan Dinding Geser (*Shear Wall*)

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Dinding geser yang akan direncanakan memiliki data sebagai berikut:

- Tebal dinding : 35 cm
- Tebal *decking* : 40 mm
- Tulangan : 16 mm
- d' : 360 mm
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 420 MPa
- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 40 MPa
- Tinggi lantai : 340 cm
- Lebar dinding : 350 cm



**Gambar 5. 8 Perencanaan *Shear Wall***

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS2015 didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom, yaitu :

Gaya aksial	: 4953,25 kN
Momen	: 10576,42 kNm
Gaya geser	: 1278,96 kN

**a. Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser**

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 14.5.2, ketebalan dinding tidak boleh kurang dari:

1.  $\frac{1}{25} \lambda_c = \frac{1}{25} 3500 = 140 \text{ mm} < 400 \text{ mm}$  Ok
2.  $140 \text{ mm} < 350 \text{ mm}$  ok

Jadi, ketebalan *shear wall* 350 mm sudah memenuhi persyaratan.

**b. Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser**

Kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi  $0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$

$$V_u < 0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$1278,96 \text{ kN} < 0,83 (35 \times 350) \sqrt{\frac{40}{10}}$$

$$1278,96 \text{ kN} < 6430,49 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

**c. Penulangan Geser *Shear Wall***

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 2847:2013 untuk menentukan jumlah tulangan pada dinding, yaitu:

- a. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi

$$0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{\frac{f'c}{10}}$$

$$V_u < 0,17 \times 35 \times 350 \times \sqrt{\frac{40}{10}}$$

$$1278,96 \text{ kN} < 2082,5 \text{ kN} \text{ 2 Lapisan}$$

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapisan tulangan.  $250 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

**1. Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal**

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut:

$$V_u < \phi V_n$$

$$V_n = A_{cv} \left[ \alpha_c \sqrt{f'c} + \rho_n f_y \right]$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{h_w}{l_w} = > 2 ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0,17$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2 D16 ( $A_s = 402,12 \text{ mm}^2$ ) dengan  $s = 200 \text{ mm}$  pada arah vertikal dan horizontal

$$\rho_n = \frac{A_s}{d' \times s} = \frac{2 \times \left(\frac{1}{4}\right) \times \pi \times 16^2}{210 \times 200} = 0.0096$$

$$V_n = 350 \times 3500 [0,17 \sqrt{40} + 0.0096 \times 420] \\ = 4926017,281 \text{ N}$$

$$V_u < V_n$$

$$1278,96 \text{ kN} < 4926.02 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

#### ➤ **Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal**

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1: Spasi tulangan vertikal dan tulangan horizontal tidak boleh dari 450 mm.

S pakai = 200 mm < 450 mm....Ok

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3: Spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari:

$$S \leq \frac{L_w}{5} = 700 \text{ mm}$$

$$S \leq 3h = 1050 \text{ mm}$$

S pakai = 200 mm....Ok

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5: Spasi tulangan vertikal tidak boleh dari :

$$S \leq \frac{L_w}{3} = 1166,67 \text{ mm}$$

$$S \leq 3h = 1050 \text{ mm}$$

S pakai = 200 mm....Ok

#### ➤ **Kontrol Komponen Batas**

Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shear wall* lebih dari 0,2f'c. SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.3

$$\frac{M_u}{W} + \frac{P_u}{A_c} > 0,2f'c$$

$$\frac{10576,42 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 350 \times 3500^2} + \frac{4953,25 \times 2934^3}{250 \times 3500} > 0,2 \times 40$$

20,18 MPa > 8 MPa (butuh komponen batas)

$$c > \frac{l_w}{600 \left( \frac{\delta_u}{h_w} \right)} ; \frac{\delta_u}{h_w} > 0,007$$

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{22,63}{112200} = 0,0002 < 0,007$$

$$A_s \text{ total} = 10053 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{10053 \times 420}{0,85 \times 40 \times 350} = 354,81 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{354,81}{0,76} = 466,86 \text{ mm}$$

$$466,86 \text{ mm} > \frac{5000}{500 (0,007)}$$

$$466,86 \text{ mm} < 1428,57 \text{ mm (tidak butuh komponen batas)}$$

Berdasarkan 2 syarat di atas salah satu syarat mengharuskan penggunaan komponen batas, maka berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.4, komponen batas harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari pada (  $c-0,1/w$  ) dan  $c/w$ .

$$c - 0,1 L_w = 466,86 - 0,1 \times (3500) = 116,86 \text{ mm}$$

$$c/2 = 233,43 \text{ mm}$$

Jadi komponen batas harus dipasang minimal sejauh 233,43 mm, untuk memudahkan pemasangan komponen batas dipasang hingga 250 mm.

### ➤ Penulangan pada Komponen Batas

Digunakan tulangan transversal dengan diameter 16 mm untuk arah penulangan komponen batas dimana  $s$  tidak boleh besar dari:

- $\frac{1}{4} h = \frac{1}{4} \times 350 = 87,5 \text{ mm}$
- $6 \times d_b = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$
- $S_o = 250 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right)$

$$= 250 + \left( \frac{350 - (0,5x \left( 250 - 2x \left( 40 + \frac{16}{2} \right) \right))}{3} \right)$$

$$= 354 \text{ mm}$$

Dimana  $S_o$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Diambil  $s = 150 \text{ mm}$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \times s \times h_c \times f'_c}{f_y} = \frac{0,09 \times 150 \times 350 \times 40}{420} = 450 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2 D18-150

$$A_s = 508,94 \text{ mm}^2 > 450 \text{ mm}^2$$

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

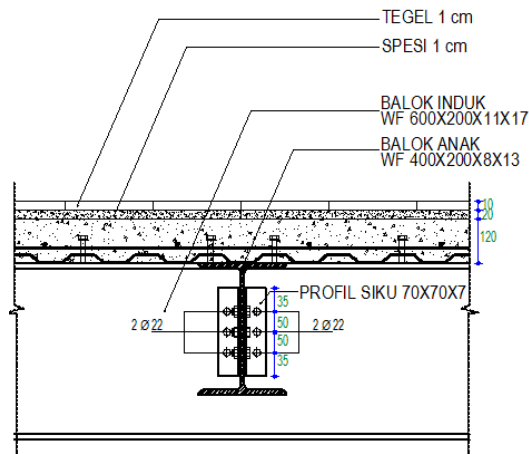


## BAB VI PERENCANAAN SAMBUNGAN

### 6.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok anak dengan balok induk direncanakan sebagai *simple connection* karena balok anak diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana. Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut:

Balok anak	= WF 400x200x8x13
Balok induk	= WF 600x200x11x17
$V_u$	= 29873,78 kg
Diameter baut	= $\varnothing$ 22 mm
Mutu baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Pelat penyambung	= L 70 x 70 x 7
Mutu pelat	= BJ 50



**Gambar 6. 1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk**

**a. Sambungan pada badan balok anak**

## ▪ Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,171 \text{ kg}$$

## ▪ Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 8 \times 500 = 134400 \text{ N} = 13440 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 10080 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{29873,78}{10080} = 2,97 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$$

**b. Sambungan pada badan balok induk**

## ▪ Kuat Geser

$$R_n = F'_n A_b \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal J3.2}$$

$$= 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

## ▪ Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal J3.6a}$$

$$= 1,2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18480 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 13860 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{29873,78}{14133,27} = 2,96 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar baut } S = 2 \frac{2}{3} \times d \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal J3.3}$$

$$= 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm} \quad \text{SNI 1729:2015 Pasal J3.4}$$

**c. Kekuatan pelat siku**

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$R_n = F_n A_e = 500 \times (170 \times 7 - 3 \times 24 \times 7) \times U$$

$$= 500 \times (170 \times 7 - 3 \times 24 \times 7) \times 0,6$$

$$= 248368,07 \text{ N} = 24836,81 \text{ kg}$$

$$2\phi R_n = 2 \times 0,75 R_n = 37255,21 \text{ kg}$$

## 6.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

### 6.2.1 Sambungan balok induk dengan kolom Base-11

Sambungan balok ke kolom direncanakan sebagai sambungan kaku dimana memikul beban geser  $P_u$  dan beban momen  $M_u$ . Sambungan ini merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa tetapi memiliki kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya sama dengan:

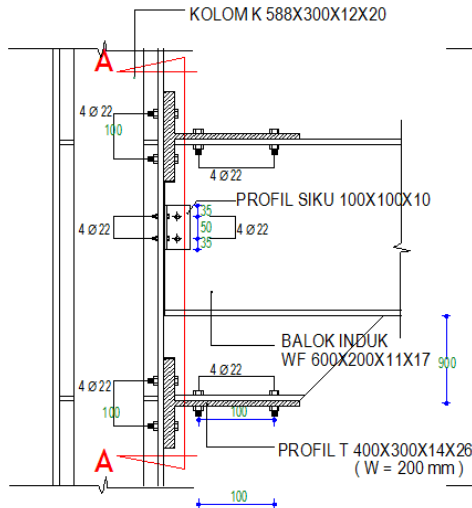
$$M_p = Z_x \times F_y = 2590 \times 2500 = 6475000 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 R_y M_p = 1,1 \times 1,5 \times 6475000 \\ &= 10683750 \text{ kgcm} = 106837,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut:

Kolom	= K 588x200x16x20
Balok induk	= WF 600x200x11x17
$V_u$ akibat kombinasi 1,2D + 0,5L	= 29345,56 kg
$V_u$ akibat $M_u$	= 24925,51 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Profil penyambung	= L100x100x10
Mutu Pelat	= BJ 50

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan 1,2D + 0,5L ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$ .



**Gambar 6. 2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom K1**

**a. Akibat beban geser  $P_u$**

▪ **Sambungan pada badan balok induk**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 176761,71 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 11 \times 500$$

$$= 184800 \text{ N} = 188480 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 13860 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{29345,56 + 24925,51}{14133,27}$$

$$= 3,92 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 35 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 59 \text{ mm}$$

▪ **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 12 \times 500 = 336000 \text{ N} = 33600 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 25200 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{29345,56}{17676,17} = 2,15 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 50 \text{ mm}$$

#### ▪ Kontrol kekuatan pelat siku

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

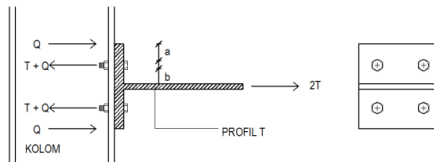
$$R_n = F_n A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 7) \times U$$

$$= 500 \times (170 \times 7 - 3 \times 24 \times 7) \times 0,6$$

$$= 354939,8 \text{ N} = 35493,98 \text{ kg}$$

$$2\phi R_n = 2 \times 0,75 R_n = 53240,97 \text{ kg}$$

#### b. Akibatbeban $M_u$



**Gambar 6. 3 Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom**

#### ▪ Sambungan pada sayap profil T-kolom

$$\text{Gaya tarik akibat mome } T = \frac{M_u}{2d_{balok}}$$

$$= \frac{106837,5}{2 \times 0,6} = 89031,25 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut :

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568 \text{ kg}$$

$$\varnothing R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat tarik bila digunakan 2 baut dalam 1 baris  $B$  :

$$B = 2 \varnothing R_n = 35352,34 \text{ kg} < T = 89031,25 \text{ kg}$$

Perlu tambahan  
profil T untuk  
menambah lengan  
kopel

$$\begin{aligned} \text{Lengan kopel minimum} &= \frac{M_u}{2B} \\ &= \frac{235682,28}{2 \times 36049,36} = 151,1 \text{ cm} \approx 160 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga, dipelukan lengan tambahan =  $160 - 60 = 100 \text{ cm}$

Gaya tarik setelah tambahan lengan kopel

$$T = \frac{M_u}{2d_{\text{kopel}}} = \frac{235682,28}{2 \times 1,5} = 35612,5 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400x300x14x26 maka

$$c = r + 0,5 t_w = 22 + 0,5 \times 14 = 29 \text{ mm}$$

$$a + b = 0,5 b_f - c = 0,5 \times 400 - 29 = 171 \text{ mm}$$

$$b = 80 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 91 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher da Struk :  $a \leq 1,25b$

$$a' = a + 0,5 d_b = 91 + 0,5 \times 22 = 102 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5 d_b = 80 - 0,5 \times 22 = 69 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( \frac{w - \sum d_{\text{perlemahan}}}{w} \right) = \left( \frac{200 - 2 \times 22}{200} \right) = 0,78$$

$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{35352,34}{35612,5} - 1 \right) \left( \frac{102}{69} \right) = 0,018$$

$\beta < 1$ , maka

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \leq 1 \rightarrow \alpha = \frac{1}{0,78} \left( \frac{0,018}{1 - 0,018} \right) = 0,014$$

$$\begin{aligned} Q &= T \left( \frac{\alpha \delta}{1 - \alpha \delta} \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = 35612,5 \left( \frac{0,014 \times 0,78}{1 - 0,014 \times 0,78} \right) \left( \frac{102}{69} \right) \\ &= 556,49 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya pada baut : } T + Q \leq B \rightarrow 35056,01 \text{ kg} < 35352,34 \text{ kg}$$

Momen pada sayap profil T  $Mp_{sayap}$

$$= \frac{Tb'}{1 + \alpha\delta} = \frac{35612,5 \times 69}{1 + 0,014 \times 0,76} = 2483,8 \text{ kgm}$$

Tebal sayap profil T perlu

$$\begin{aligned} t_f &= \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi w f_y (1 + \alpha\delta)}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 35612,5 \times 69}{0,9 \times 20 \times 4100 (1 + 0,014 \times 0,78)}} \\ &= 11,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Sambunngan pada badan profil T dengan sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 26 \times 500 = 436800 \text{ N} = 43680 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 32760 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{2T}{\phi R_n} = \frac{2 \times 35612,5}{17676,17} = 2,17 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$n\phi R_n = 4R_n = 72098,72 \text{ kg}$$

Badan T

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

Kuat Leleh

$$P_n = F_l A_g = 250 \times 200 \times 14 = 700000 \text{ N} = 70000 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,90 P_n = 63000 \text{ kg}$$

Kuat Putus

$$\begin{aligned} P_n &= F_t A_e = 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times U \\ &= 500 \times (220 \times 10 - 4 \times 24 \times 10) \times 0,6 \\ &= 444000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,90 P_n = 399600 \text{ kg}$$

### 6.2.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom Lantai 12-22

Sambungan balok ke kolom direncanakan sebagai sambungan kaku dimana memikul beban geser  $P_u$  dan beban momen  $M_u$ . Sambungan ini merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa tetapi memiliki kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya sama dengan :

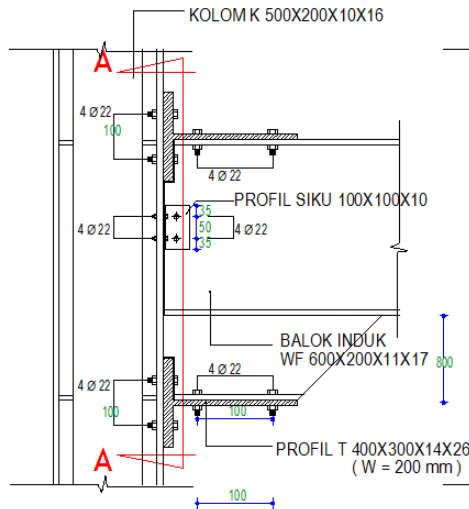
$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times F_y = 2590 \times 2500 = 6475000 \text{ kgcm} \\ M_u &= 1,1R_y M_p = 1,1 \times 1,5 \times 6475000 \\ &= 10683750 \text{ kgcm} = 106837,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

Kolom	= K 500x200x10x16
Balok induk	= WF 600x200x11x17
$V_u$ akibat kombinasi 1,2D + 0,5L	= 27896,54 kg
$V_u$ akibat $M_u$	= 25138,12 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Profil penyambung	= L100x100x10
Mutu Pelat	= BJ 50

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan 1,2D + 0,5L ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$ .





**Gambar 6. 4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom K2**

**c. Akibat beban geser  $P_u$**

▪ **Sambungan pada badan balok induk**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18480 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 13860 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{27896,54 + 25138,12}{17676,17} = 3,83 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

4 buah

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 59 \text{ mm}$$

▪ **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 16 \times 500 = 336000 \text{ N} = 33600 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 25200 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{27896,54 + 25138,12}{17676,17} = 2,1 \text{ buah} \approx 3$$

buah

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 59 \text{ mm}$$

#### ▪ Kontrol kekuatan pelat siku

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

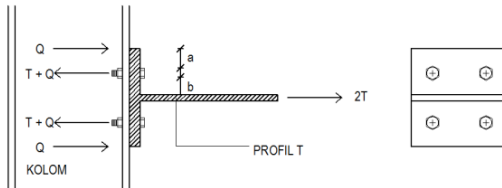
$$R_n = F_n A_e = 500 \times (220 \times 10 - 3 \times 24 \times 7) \times U$$

$$= 500 \times (220 \times 10 - 3 \times 24 \times 10) \times 0,6$$

$$= 358472,4 \text{ N} = 35847,24 \text{ kg}$$

$$2\phi R_n = 2 \times 0,75 R_n = 53770,86 \text{ kg}$$

#### d. Akibatbeban $M_u$



**Gambar 6. 5 Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom**

#### ▪ Sambungan pada sayap profil T-kolom

$$\text{Gaya tarik akibat mome } T = \frac{M_u}{2d_{balok}}$$

$$= \frac{106837,5}{2 \times 0,6} = 89031,25 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut :

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat tarik bila digunakan 2 baut dalam 1 baris  $B$  :

$$B = 2 \emptyset R_n = 26058,097 \text{ kg} < T = 89031,25 \text{ kg}$$

Perlu tambahan  
profil T untuk  
menambah lengan  
kopel

$$\text{Lengan kopel minimum} = \frac{M_u}{2B}$$

$$= \frac{106837,5}{2 \times 26058,097} = 204,99 \text{ cm} \approx 210 \text{ cm}$$

Sehingga, dipelukan lengan tambahan =  $210 - 60 = 150 \text{ cm}$

Gaya tarik setelah tambahan lengan kopel

$$T = \frac{M_u}{2d_{kopel}} = \frac{106837,5}{2 \times 1,5} = 35612,5 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400x300x14x26 maka

$$c = r + 0,5 t_w = 22 + 0,5 \times 14 = 29 \text{ mm}$$

$$a + b = 0,5 b_f - c = 0,5 \times 400 - 29 = 171 \text{ mm}$$

$$b = 80 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 91 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher da Struk :  $a \leq 1,25b$

$$a' = a + 0,5 d_b = 91 + 0,5 \times 22 = 102 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5 d_b = 80 - 0,5 \times 22 = 69 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( \frac{w - \sum d_{perlemahan}}{w} \right) = \left( \frac{200 - 2 \times 22}{200} \right) = 0,78$$

$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{36049,36}{35612,5} - 1 \right) \left( \frac{102}{69} \right) = 0,397$$

$\beta < 1$ , maka

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \leq 1 \rightarrow \alpha = \frac{1}{0,78} \left( \frac{0,397}{1 - 0,397} \right) = 0,364$$

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 - \alpha \delta} \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = 35612,5 \left( \frac{0,364 \times 0,78}{1 - 0,364 \times 0,78} \right) \left( \frac{102}{69} \right)$$

$$= 11634,33 \text{ kg}$$

Gaya pada baut :  $T + Q \leq B \rightarrow 23969,17 \text{ kg} < 26058,1 \text{ kg}$

Momen pada sayap profil T  $M_{p_{sayap}}$

$$= \frac{Tb'}{1 + \alpha\delta} = \frac{35612,5 \times 69}{1 + 0,364 \times 0,78} = 3431,81 \text{ kgm}$$

Tebal sayap profil T perlu

$$\begin{aligned} t_f &= \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi_w f_y (1 + \alpha\delta)}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 35612,5 \times 69}{0,9 \times 20 \times 4100 (1 + 0,364 \times 0,78)}} \\ &= 13,64 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### ▪ Sambunngan pada badan profil T dengan sayap kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 26 \times 500 = 436800 \text{ N} = 43680 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 32760 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{2T}{\phi R_n} = \frac{2 \times 35612,5}{32760} = 2,17 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$n\phi R_n = 4R_n = 72098,72 \text{ kg}$$

Badan T

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

Kuat Leleh

$$P_n = F_l A_g = 250 \times 200 \times 14 = 700000 \text{ N} = 70000 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,90 P_n = 63000 \text{ kg}$$

Kuat Putus

$$\begin{aligned} P_n &= F_l A_e = 500 \times (220 \times 10 - 3 \times 24 \times 10) \times U \\ &= 500 \times (220 \times 10 - 3 \times 24 \times 10) \times 0,6 \\ &= 444000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,90 P_n = 399600 \text{ kg}$$

### 6.2.3 Sambungan balok induk dengan kolom lantai 23-33

Sambungan balok ke kolom direncanakan sebagai sambungan kaku dimana memikul beban geser  $P_u$  dan beban momen  $M_u$ . Sambungan ini merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa tetapi memiliki kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya sama dengan :

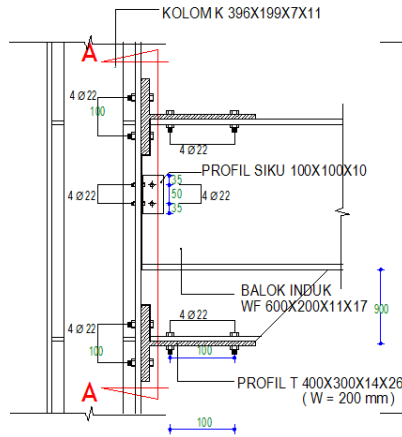
$$M_p = Z_x \times F_y = 2590 \times 2500 = 6475000 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 R_y M_p = 1,1 \times 1,5 \times 6475000 \\ &= 10683750 \text{ kgcm} = 106837,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sambungan menggunakan baut dan pelat siku. Data-data perencanaan sambungan adalah sebagai berikut :

Kolom	= K 396x199x7x11
Balok induk	= WF 600x200x11x17
$V_u$ akibat kombinasi 1,2D + 0,5L	= 22884,31 kg
$V_u$ akibat $M_u$	= 25128,67 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Profil penyambung	= L100x100x10
Mutu Pelat	= BJ 50

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan 1,2D + 0,5L ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$ .



**Gambar 6. 6 Sambungan Balok Induk dengan Kolom K3**

**e. Akibat beban geser  $P_u$**

▪ **Sambungan pada badan balok induk**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 7 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18480 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 13860 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{22884,31 + 25128,67}{14133,27} = 3,46 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 59 \text{ mm}$$

▪ **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 11 \times 500 = 336000 \text{ N} = 33600 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 25200 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Vu}{\phi R_n} = \frac{22884,31 + 25128,67}{42950,45} = 1,91 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 59 \text{ mm}$$

#### ▪ Kontrol kekuatan pelat siku

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

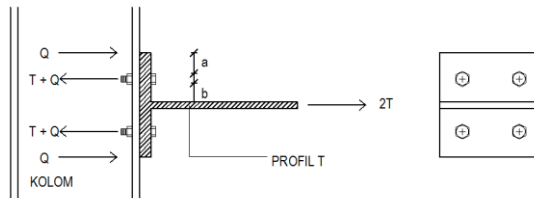
$$R_n = F_n A_e = 500 \times (220 \times 10 - 2 \times 24 \times 10) \times U$$

$$= 500 \times (170 \times 10 - 2 \times 24 \times 10) \times 0,6$$

$$= 37282,01 \text{ N} = 37282,01 \text{ kg}$$

$$2\phi R_n = 2 \times 0,75 R_n = 55923,01 \text{ kg}$$

#### f. Akibatbeban $M_u$



**Gambar 6. 7 Gaya yang Bekerja pada Profil T Sambungan Balok Induk dengan Kolom**

#### ▪ Sambungan pada sayap profil T-kolom

$$\text{Gaya tarik akibat mome } T = \frac{M_u}{2d_{balok}} = \frac{106837,5}{2 \times 0,6} = 89031,25$$

kg

Kuat tarik baut :

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat tarik bila digunakan 2 baut dalam 1 baris  $B$  :

$$B = 2 \phi R_n = 35352,34 \text{ kg} < T = 89031,25 \text{ kg}$$

Perlu tambahan  
profil T untuk  
menambah lengan  
kopel

$$\begin{aligned}\text{Lengan kopel minimum} &= \frac{M_u}{2B} \\ &= \frac{106837,5}{2 \times 35352,34} = 151,1 \text{ cm} \approx 160 \text{ cm}\end{aligned}$$

Sehingga, dipelukan lengan tambahan = 160 - 60 = 100 cm

Gaya tarik setelah tambahan lengan kopel

$$T = \frac{M_u}{2d_{\text{kopel}}} = \frac{106837,5}{2 \times 1,5} = 35612,5 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400x300x14x26 maka

$$c = r + 0,5 t_w = 22 + 0,5 \times 14 = 29 \text{ mm}$$

$$a + b = 0,5 b_f - c = 0,5 \times 400 - 29 = 171 \text{ mm}$$

$$b = 80 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 91 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher da Struk :  $a \leq 1,25b$

$$a' = a + 0,5 d_b = 91 + 0,5 \times 22 = 102 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5 d_b = 80 - 0,5 \times 22 = 69 \text{ mm}$$

$$\delta = \left( \frac{w - \Sigma d_{\text{perlemahan}}}{w} \right) = \left( \frac{200 - 2 \times 22}{200} \right) = 0,78$$

$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{36049,36}{35612,5} - 1 \right) \left( \frac{102}{69} \right) = 0,018$$

$\beta < 1$ , maka

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left( \frac{\beta}{1 - \beta} \right) \leq 1 \quad \alpha = \frac{1}{0,78} \left( \frac{0,018}{1 - 0,018} \right) = 0,014$$

$$\begin{aligned}Q &= T \left( \frac{\alpha \delta}{1 - \alpha \delta} \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = 35612,5 \left( \frac{0,014 \times 0,78}{1 - 0,014 \times 0,78} \right) \left( \frac{102}{69} \right) \\ &= 447,58 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Gaya pada baut : } T + Q \leq B \longrightarrow 35056,01 \text{ kg} < 35352,34 \text{ kg}$$

Momen pada sayap profil T  $M_{p_{\text{sayap}}}$

$$= \frac{T b'}{1 + \alpha \delta} = \frac{35612,5 \times 69}{1 + 0,014 \times 0,78} = 2483,8 \text{ kgm}$$

Tebal sayap profil T perlu



$$\begin{aligned}
 t_f &= \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi w f_y (1 + \alpha \delta)}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 35612,5 \times 69}{0,9 \times 20 \times 4100 (1 + 0,014 \times 0,78)}} \\
 &= 11,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

▪ **Sambunngan pada badan profil T dengan sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_u A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 24032,90 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 18024,68 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 26 \times 500 = 436800 \text{ N} = 43680 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 32760 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{2T}{\phi R_n} = \frac{2 \times 35612,5}{93059,3} = 2,17 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

$$n \phi R_n = 3 R_n = 98280 \text{ kg}$$

Badan T

$$\text{Diameter perlemahan } d_l = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

Kuat Leleh

$$P_n = F_u A_g = 250 \times 200 \times 14 = 700000 \text{ N} = 70000 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,90 P_n = 63000 \text{ kg}$$

Kuat Putus

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_u A_e = 500 \times (220 \times 10 - 3 \times 24 \times 10) \times U \\
 &= 500 \times (220 \times 10 - 3 \times 24 \times 10) \times 0,6 \\
 &= 444000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,90 P_n = 399600 \text{ kg}$$

### 6.3 Sambungan antar Kolom

#### 6.3.1 Sambungan antar kolom K1

Sambungan kolom yang direncanakan pada K1, berdasarkan hasil ETABS2015 diperoleh gaya yang bekerja pada kolom sebagai berikut:

Kolom = K 500x200x10x16

$P_u$  = 497621,65 kg

$M_u$  = 74305,43 kgm

$M_{uy}$  = 38044,96 kgm

$V_{u_x}$  = 16788,13 kg

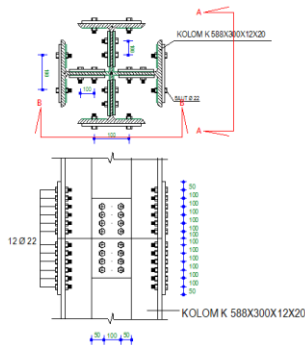
$V_{u_y}$  = 487,18 kg

Diameter baut = Ø 22 mm

Tipe baut = A325 (tanpa ulir pada bidang geser)

Tebal pelat penyambung = 15 mm

Mutu pelat = BJ 50



**Gambar 6. 8 Sambungan Antar Kolom K1**

Pembagian beban aksial :

$$\begin{aligned}
 P_{u_{\text{badan}}} &= \frac{A_{\text{pelat}}}{A_{\text{profil}}} P_u \\
 &= \frac{1,2(58,8 - 2 \times 2) \times 2}{385} \times 497621,65 = 169992,7 \text{ kg} \\
 P_{u_{\text{sayap}}} &= P_u - P_{u_{\text{badan}}} = 327628,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**a. Sambungan arah x**  
**Pembagian beban momen**

$$\begin{aligned}
 Mu_{badan} &= \frac{I_{pelat}}{I_{profil}} Mu_x \\
 &= \frac{\frac{1}{12} \times 1,2 \times (60-2 \times 2)^3}{127020} \times 74305,43 = 10273,36 \text{ kgm} \\
 Mu_{sayap} &= Mu - Mu_{badan} = 64032,07 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

▪ **Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 20 \times 500 = 336000 \text{ N} = 33600 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 25200 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{64032,07}{0,6} = 106720,1 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya total pada sayap } Pu_{total} = T + \frac{Pu_{sayap}}{4} = 188627,3 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{188627,3}{17676,17} = 10,67 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

▪ **Sambungan pada badan kolom**

Kuat Geser

$$\begin{aligned}
 R_n &= F_n A_b = 620 \times 380,13 \\
 &= 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 12 \times 500 = 201600 \text{ N} = 20160 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 15120 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{Mu_{sayap} + Vu_x \times e}{2} \\ &= \frac{64032,07 + 16788,13 \times 0,2}{2} \\ &= 33694,848 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 33694,848}{10 \times 0,7 \times 1,2 \times 17676,17}} \\ &= 1,17 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 16999,273/4 = 42498,18 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 16788,13/4 = 4197,03 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 33694,848 \times \frac{5}{1200} = 140,39 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 33694,848 \times \frac{15}{1200} = 421,19 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{V1} &= \sqrt{(\sum Kuv)^2 + (\sum Kuh)^2} \\ &= 6371,96 \text{ kg} < \phi Rn = 17676,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### b. Sambungan arah y

$$\begin{aligned} Mu_{badan} &= \frac{I_{pelat}}{I_{profil}} Mu_x \\ &= \frac{\frac{1}{12} \times 1,2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{132585} \times 38044,96 = 5039,261 \end{aligned}$$

kgm

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 33005,69 \text{ kgm}$$

#### ▪ Sambungan pada sayap kolom

- Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c F_u = 1,2 \times 28 \times 20 \times 500 = 336000 \text{ N} = 33600 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 25200 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{33005,69}{0,6} = 55009,5 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya total pada sayap } Pu_{total} = T + \frac{Pu_{sayap}}{4} = 136916,7 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{136916,7}{17676,17} = 7,75 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### ▪ Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c F_u = 1,2 \times 28 \times 12 \times 500 = 201600 \text{ N} = 20160 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 15120 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{Mu_{sayap} + Vu_x \times e}{2} \\ &= \frac{33005,69 + 487,18 \times 0,2}{2} \\ &= 16961,57 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi R_n}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 16961,57}{10 \times 0,7 \times 1,2 \times 17676,17}} \\ &= 0,83 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 16999,273/4 = 4249,82 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 4587,18/4 = 1146,79 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 16961,57 \times \frac{5}{1200} = 70,67 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 Ku_{H2} &= 16961,57 \times \frac{5}{1200} = 212,02 \text{ kg} \\
 \text{Sehingga : } Ku_{V1} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\
 &= 4529,13 \text{ kg} < \phi Rn = 17676,17 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

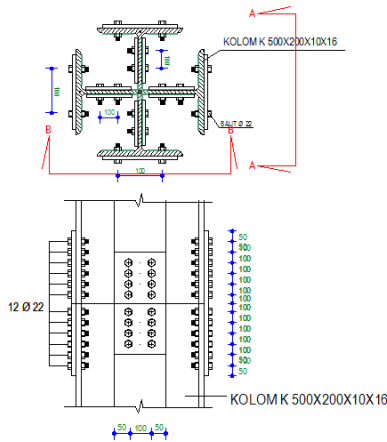
Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$

### 6.3.2 Sambungan antar kolom pada K2

Sambungan kolom yang direncanakan pada K2, berdasarkan hasil ETABS2015 diperoleh gaya yang bekerja pada kolom sebagai berikut:

Kolom	= K 500x200x10x16
$P_u$	= 477654,13 kg
$M_{ux}$	= 72654,17 kgm
$M_{uy}$	= 33256,98 kgm
$V_{ux}$	= 16452,76 kg
$V_{uy}$	= 4576,87 kg
Diameter baut	= Ø 22 mm
Tipe baut	= A325 (tanpa ulir pada bidang geser)
Tebal pelat penyambung	= 15 mm
Mutu pelat	= BJ 50



**Gambar 6. 9 Sambungan antar Kolom K2**

Pembagian beban aksial :

$$\begin{aligned}
 Pu_{badan} &= \frac{A_{pelat}}{A_{profil}} Pu \\
 &= \frac{1,2(58,8-2 \times 2) \times 2}{385} \times 77654,13 = 230880,1 \text{ kg} \\
 Pu_{sayap} &= Pu - Pu_{badan} = 246774,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### **a. Sambungan arah x**

Pembagian beban momen

$$\begin{aligned}
 Mu_{badan} &= \frac{I_{pelat}}{I_{profil}} Mu_x \\
 &= \frac{\frac{1}{12} \times 1,2 \times (60-2 \times 2)^3}{29940} \times 72654,17 = 42616,01 \\
 &\text{kgm}
 \end{aligned}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 30038,156 \text{ kgm}$$

#### **▪ Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_{ct} F_u = 1,2 \times 28 \times 16 \times 500 = 268800 \text{ N} = 26880 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 20160 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{30038,156}{0,6} = 50063,59 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya total pada sayap } Pu_{total} = T + \frac{Pu_{sayap}}{4} = 111757,1 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\emptyset R_n} = \frac{111757,1}{17676,17} = 6,3 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### ▪ Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_{ct} F_u = 1,2 \times 28 \times 10 \times 500 = 16800 \text{ N} = 1680 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 12600 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{Mu_{sayap} + Vu_x \times e}{2} \\ &= \frac{30038,156 + 16788,13 \times e}{2} \\ &= 16664,35 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \emptyset R_n}} \\ &= \sqrt{\frac{6Mu}{10 \times 0,7 \times 1,2 \times R_n}} \\ &= \text{buah} \approx \text{buah} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 230880,1/4 = 5772 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 16788,13/4 = 4113,19 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 16664,35 \times \frac{5}{1200} = 69,43 \text{ kg}$$



$$Ku_{H2} = 16664,35 \times \frac{15}{1200} = 208,3 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{V1} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 7266,2 \text{ kg} < \phi R_n = 17676,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$

### **b. Sambungan Arah y**

$$\begin{aligned} Mu_{badan} &= \frac{I_{pelat}}{I_{profil}} Mu_y \\ &= \frac{\frac{1}{12} \times 1,2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{52189} \times 33256,98 = 11190,97 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 22066,01 \text{ kgm}$$

### ▪ Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 16 \times 500 = 268800 \text{ N} = 26880 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 20160 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya kopel pada sayap } T &= \frac{Mu_{sayap}}{d} \\ &= \frac{22066,01}{0,6} = 36776,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya total pada sayap } Pu_{total} = T + \frac{Pu_{sayap}}{4} = 98470,18 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{98470,18}{17676,17} = 5,57 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

Jarak antar baut  $S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$

### ▪ Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_{ct} F_u = 1,2 \times 28 \times 10 \times 500 = 305088 \text{ N} = 30508,8$$

kg

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 22881,6 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{Mu_{sayap} + Vu_x \times e}{2} \\ &= \frac{22066,01 + Vu_x \times e}{2} \\ &= 11490,69 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \phi R_n}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 11490,69}{10 \times 0,7 \times 1,2 \times 17676,17}} \\ &= 0,68 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{v1} = 230880,1 / 4 = 5772 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 4576,87 / 4 = 1144,22 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{v2} = 11490,69 \times \frac{5}{1200} = 47,88 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 11490,69 \times \frac{15}{1200} = 143,63 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{v1} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 5960,6685 \text{ kg} < \phi R_n = 17676,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### 6.3.3 Sambungan antar kolom pada K3

Sambungan kolom yang direncanakan pada K 396x199x7x11, berdasarkan hasil ETABS2015 diperoleh gaya yang bekerja pada kolom sebagai berikut :

Kolom = K 396x199x7x11

$P_u$  = 429787,76 kg

$M_{ux}$  = 66987,67 kgm

$M_{uy}$  = 30987,98 kgm

$V_{u_x}$  = 16987,65 kg

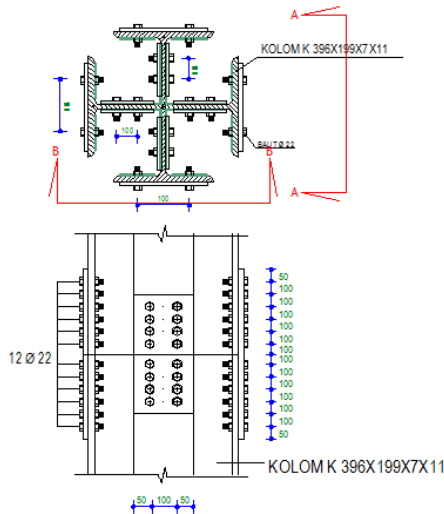
$V_{u_y}$  = 4556,35 kg

Diameter baut = Ø 22 mm

Tipe baut = A325 (tanpa ulir pada bidang geser)

Tebal pelat penyambung = 15 mm

Mutu pelat = BJ 50



**Gambar 6. 10 Sambungan antar Kolom K3**

Pembagian beban aksial :

$$P_{u_{\text{badan}}} = \frac{A_{\text{pelat}}}{A_{\text{profil}}} P_u$$

$$= \frac{1,2(58,8-2 \times 2) \times 2}{144,32} \times 429787,76 = 254442 \text{ kg}$$

$$Pu_{sayap} = Pu - Pu_{badan} = 175345,78 \text{ kg}$$

### a. Sambungan arah x

Pembagian beban momen

$$\begin{aligned} Mu_{badan} &= \frac{I_{pelat}}{I_{profil}} Mu_x \\ &= \frac{\frac{1}{12} \times 1,2 \times (60-2 \times 2)^3}{21450} \times 30987,98 \\ &= 54844,32 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 12143,35 \text{ kgm}$$

#### ▪ Sambungan pada sayap kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18480 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 13860 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d}$$

$$= \frac{12143,35}{0,6} = 20238,92 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya total pada sayap } Pu_{total} = T + \frac{Pu_{sayap}}{4} = 64075,36 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\phi R_n} = \frac{64075,36}{17676,17} = 3,63 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### ▪ Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_c t F_u = 1,2 \times 28 \times 7 \times 500 = 117600 \text{ N} = 11760 \text{ kg}$$

$$\emptyset Rn = 0,75 R_n = 8820 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{Mu_{sayap} + Vu_x \times e}{2} \\ &= \frac{12143,35 + 16987,65 \times e}{2} \\ &= 7770,44 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \emptyset Rn}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 7770,44}{10 \times 0,7 \times 1,2 \times 17676,17}} \\ &= 0,56 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{v1} = 254442 / 4 = 6361,05 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 16987,65 / 4 = 4246,91 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{v2} = 7770,44 \times \frac{5}{1200} = 32,38 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 7770,44 \times \frac{15}{1200} = 97,13 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{v1} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 7729,59 \text{ kg} < \emptyset Rn = 17676,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

### **b. Sambungan Arah y**

$$\begin{aligned} Mu_{badan} &= \frac{I_{pelat}}{I_{profil}} Mu_y \\ &= \frac{\frac{1}{12} \times 1,2 \times (60 - 2 \times 2)^3}{22267} \times 30987,98 = 24439,69 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mu_{sayap} = Mu - Mu_{badan} = 6548,29 \text{ kgm}$$

### **▪ Sambungan pada sayap kolom**

Kuat Geser

$$Rn = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_{ct} F_u = 1,2 \times 28 \times 11 \times 500 = 184800 \text{ N} = 18480 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 13860 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya kopel pada sayap } T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{12143,35}{0,6} = 10913,82 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya total pada sayap } Pu_{total} = T + \frac{Pu_{sayap}}{4} = 54750,27 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut } n = \frac{Pu_{total}}{\emptyset R_n} = \frac{54750,27}{17676,17} = 3,09 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tepi } S_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### ▪ Sambungan pada badan kolom

Kuat Geser

$$R_n = F_n A_b = 620 \times 380,13 = 235682,28 \text{ N} = 23568,23 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 17676,17 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 1,2 I_{ct} F_u = 1,2 \times 28 \times 7 \times 500 = 117600 \text{ N} = 11760 \text{ kg}$$

$$\emptyset R_n = 0,75 R_n = 8820 \text{ kg}$$

Momen pada titik berat sambungan

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{Mu_{sayap} + Vu_x \times e}{2} \\ &= \frac{12143,35 + Vu_x \times e}{2} \\ &= 3729,78 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perkiraan jumlah baut } n &= \sqrt{\frac{6Mu}{\mu \times \emptyset R_n}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times 3729,78}{10 \times 0,7 \times 1,2 \times 17676,17}} \\ &= 0,39 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Akibat } Pu : Ku_{V1} = 25444,198 / 4 = 6361,049 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Vu : Ku_{H1} = 4556,35 / 4 = 1139,09 \text{ kg}$$

$$\text{Akibat } Mu : Ku_{V2} = 3729,78 \times \frac{5}{1200} = 15,54 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = 3729,78 \times \frac{15}{1200} = 46,62 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } Ku_{V1} &= \sqrt{(\sum Ku_v)^2 + (\sum Ku_h)^2} \\ &= 6485,89 \text{ kg} < \phi R_n = 17676,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

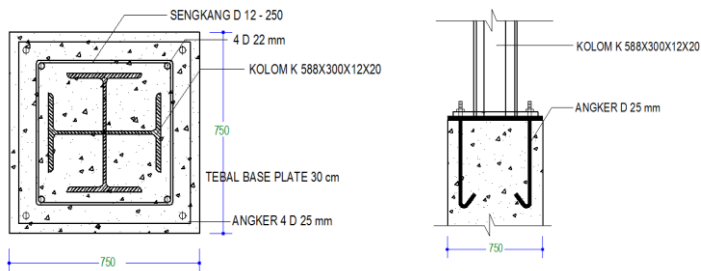
Jarak tepi  $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$\text{Jarak antar baut } S_2 = 2 \frac{2}{3} \times d = 2 \frac{2}{3} \times 22 = 100 \text{ mm}$$

#### 6.4 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Sambungan kolom dengan *base plate* direncanakan pada kolom dengan gaya yang bekerja sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Pu &= 497620,63 \text{ kg} \\ Mux &= 74301,78 \text{ kgm} \\ Muy &= 38022,69 \text{ kgm} \\ \text{Mutu beton} &= 30 \text{ MPa} \\ \text{Mutu las} &= F_{E90xx} \\ \text{Diameter baut} &= 1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm} \end{aligned}$$



**Gambar 6. 11 Sambungan Kolom dengan *Base Plate***

##### a. Sambungan Las

Anggap  $t_e = 1 \text{ cm}$ , sehingga

$$A_{las} = [(8 \times 24) + (8 \times 23,2)] \times 1 = 377,6 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= 4 \left( \frac{1}{12} 23,2 \times 1^3 + \frac{1}{12} 1 \times 24^3 + 1 \times 23,2 \times 12^2 \right) \\
 &+ 4 \left( \frac{1}{12} 24 \times 1^3 + \frac{1}{12} 1 \times 23,2^3 + 1 \times 24 \times 0,5^2 \right) \\
 &= 22165,66 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_y = I_x$$

$$W_x = \frac{I_x}{y} = \frac{22165,66}{12} = 1847,14 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{x} = \frac{22165,66}{11,6} = 1910,83 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 f_{total} &= \frac{P_u}{A_{las}} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\
 &= \frac{497620,63}{377,6} + \frac{74301,78}{1847,14} + \frac{38022,69}{1910,83} = 2377,98 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat rencana las ( $t_e = 1 \text{ cm}$ )

$$\phi R_n = \phi F_{mw} A_{we} = 0,8 \times 0,6 \times F_{E90} \times 47,2 \times 1 = 2039,04$$

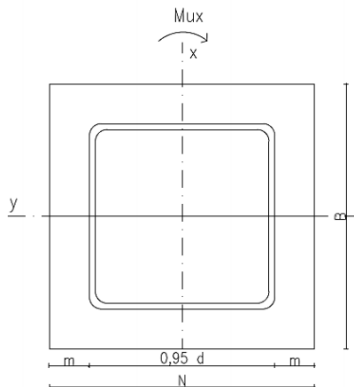
kg/cm

$$t_c = \frac{f_{total}}{\phi R_n} = 1,16 \text{ cm}$$

$$a_{perlu} = \frac{1,16}{0,707} = 1,65 \text{ cm } 1,7 \text{ cm}$$

## b. Perencanaan Base Plate

### ▪ Arah x



**Gambar 6. 12 Desain Base Plate Arah X**



$$ex = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{f_{total}}{\phi R_n} = \text{cm} > \frac{H}{6} = \frac{75}{6} = 12,5 \text{ cm}$$

Direncanakan diameter baut = 2,54 cm

$$h' > we + c_l$$

$$we = \text{jarak tepi baut} = 2 \frac{2}{3} \times 2,54 = 6,77 \text{ cm}$$

$$c_l = \text{jarak minimum untuk kunci} = \frac{27}{16} \times 2,54 = 4,29 \text{ cm}$$

$$h' > 6,77 + 4,29 = 11,06 \text{ cm} \rightarrow \text{dipakai } h' = 12,5 \text{ cm}$$

$$h = H - 0,5h' = 75 - 0,5 \times 12,5 = 68,75 \text{ cm}$$

$$B = 75 \text{ cm}$$

Dimensi beton : Panjang = 75 cm

Lebar = 75 cm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{75 \times 75}{70 \times 70}} = 1,07$$

$$P_p = 0,85 f'_c A_l \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 1,07 = 27,32 \text{ MPa} = 273,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u (2h - H) + 2M_u}{\phi c P_p B}}$$

$$= 68,75 - \sqrt{68,75^2 - \frac{497620,63 (2 \times 68,75 - 75) + 2 \times 74301,78}{0,65 \times 273,2 \times 75}}$$

$$= 33,03 \text{ cm}$$

$$Tu = (\phi c P_p B a) - P_u$$

$$= (0,65 \times 273,5 \times 75 \times ) - 497620,63 = 57710,58 \text{ kg}$$

#### ▪ Arah y

$$ey = \frac{M_{uy}}{P_u} = \frac{38022,69}{P_u} = 7,64 \text{ cm} < \frac{H}{6} = \frac{75}{6} = 12,5 \text{ cm}$$

(tidak perlu angkur pada arah y)

### c. Perhitungan Baut Angkur

$$\text{Kuat atrik } Rn = F_n A_b + 620 \times 506,71 = 32035,20 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0,75 Rn = 24026,4 \text{ kg}$$

$$n \geq \frac{T_u}{\phi Rn} = \frac{57710,58}{24026,4} = 2,4 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat baja } t &\geq 2,108 \sqrt{\frac{T_u (h-we)}{f_y B}} \\ &= 2,108 \sqrt{\frac{57710,58 (12,5-6,77)}{2500 \times 75}} \\ &= 2,79 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai  $t = 30 \text{ mm}$  dengan ukuran *base plate* = 75 x 75 cm

$$Tu \text{ pada angkur} = \frac{T_u}{4} = \frac{57710,58}{4} = 15527,65 \text{ kg}$$

$Tu = 0,75\pi DL\tau$ , maka panjang angkur

$$L = \frac{T_u}{0,75\pi D\tau} = \frac{57710,58}{0,75\pi \times 2,54 \times \sqrt{300}} = 55,67 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Digunakan  $L = 60 \text{ cm}$

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### **7.1 Umum**

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil. Sedangkan pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak. Dalam hal ini, pondasi dikatakan sebagai pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Pondasi dalam memiliki beberapa jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), pondasi *caisson* dan lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan memakai pondasi dalam tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA). Dalam bab ini akan dibahas perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan *poer* (*pile cap*) dan perencanaan *sloot* (*tie beam*).

#### **7.2 Data Tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat yang telah dilakukan penyelidikan tanah. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi perencanaan pondasi yang sesuai dengan jenis tanah dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah dilapangan. Data tanah yang tersedia meliputi data penyelidikan tanah hasil uji *Standart Penetration Test* (SPT).

### 7.3 Kriteria Desain

Kekuatan dan dimensi tiang pancang yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

Tipe tiang pancang	= Tiang pancang beton pratekan
Merk	= WIKA
Penampang	= Bulat berongga
Mutu beton	= 30 MPa
Diameter Tiang	= 600 mm
Tebal Tiang	= 100 mm
Class	= A1
Bending momen <i>crack</i>	= 17 ton.m
Bending momen <i>ultimate</i>	= 25,50 ton.m
$P_{allow}$	= 252,70 ton

### 7.4 Daya Dukung Tanah

#### 7.4.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan letakan tanah disekeliling tiang pondasi ( $Q_s$ ). Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi ditanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Langkah-langkah dalam menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT adalah sebagai berikut:

1. Koreksi SPT terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N \leq 15$  :

$$N_1 = 15 + (N-15) \text{ (Terzaghi \& Peck, 1960)}$$

$$N_1 = 0,6 N \text{ (Barzaara, 1967)}$$

Harga yang dipilih adalah harga  $N_1$  yang terkecil dari kedua rumusan diatas. Untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar dan bila  $N \leq 15$ , tidak ada koreksi ( $N_1 = N$ ).

Berdasarkan langkah diatas, daya dukung satu tiang pancang.

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

$$= C_n \times A_{ujung} + \sum C_h \times Asi$$

$$= K \times N \times A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} \times Asi$$

dengan

$N$  = harga rata-rata  $N_2$  dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang

$K$  = koefisien karakteristik tanah

$Asi$  = luas selimut tiang pada segmen  $I = O_i \times h_i$

$C_{li} = f_{si} = N/2 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah lempung/lanau

$= N/5 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah pasir

Sehingga, daya dukung ijin dari satu tiang pancang dengan diameter 60 cm dan kedalaman 30,1 m yang berdiri sendiri adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{1 \text{ Tiang}} &= \frac{Q_L}{SF} \\ &= \frac{314,61}{3} = 104,78 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 7.4.2 Daya dukung anak tiang anjang kelompok

Beban maksimum yang bekerja pada pondasi adalah sebagai berikut:

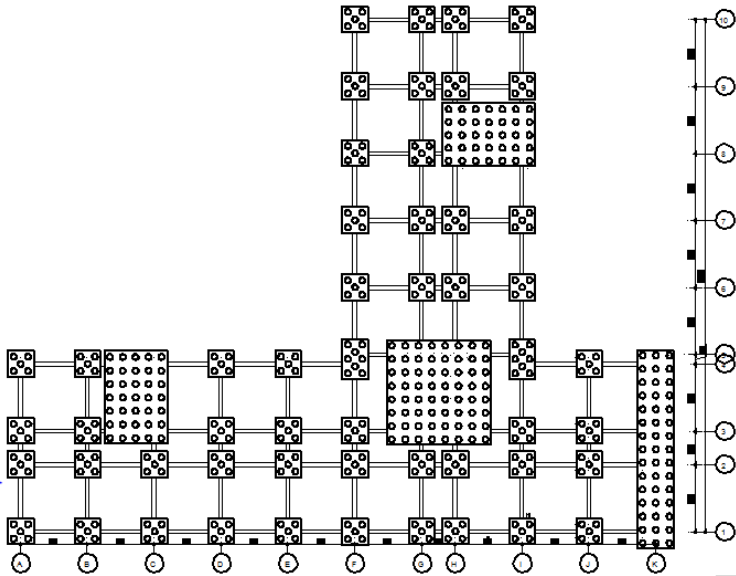
$$P = 291789,78 \text{ kg} \quad M_x = 82452,65 \text{ kgm}$$

$$V_x = 40421,67 \text{ kg} \quad M_y = 72632,94 \text{ kgm}$$

$$V_y = 89762,22 \text{ kg}$$

Jarak antar tiang pancang = 120 cm

Jarak tiang pancang ke tepi pondasi = 80 cm



**Gambar 7. 1 Denah Pondasi**

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan disekeliling tiang, sehingga perlu memperhitungkan jarak antar tiang dalam pondasi kelompok. Sebaiknya jarak minimum antar tiang dalam kelompok adalah 2 s/d 3 diameter tiang. Selanjutnya perlu melakukan korelasi antara daya dukung 1 tiang dengan daya dukung tiang kelompok menggunakan koefisien  $C_e$ . Koefisien  $C_e$  yang digunakan adalah berdasarkan perumusan *Converse Labarre*.

$$C_e = 1 - \frac{\tan^{-1}\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana

D = diameter tiang pancang (cm)

S = jarak tiang pancang (cm)  
 m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris  
 n = jumlah baris tiang pancang

$$Q_{L \text{ (group)}} = P_1 \text{ Tiang} \times n \times C_e$$

Dengan

n = jumlah tiang dalam kelompok

$$\begin{aligned} Q_{L \text{ (group)}} &= 104,78 \times 5 \times 0,95 \\ &= 497,71 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dalam penggunaan pondasi tiang pancang kelompok, terjadi repartisi beban-beban yang bekerja pada tiang pancang. Untuk menghitung repartisi beban tersebut adalah sebagai berikut:

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum_{i=1}^n (X_i)^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i)^2}$$

Dimana  $X_i$  &  $Y_i$  adalah koordinat sebuah tiang pancang dengan total n tiang.

$$\begin{aligned} P_{v_{maks}} &= \frac{291789,98}{6} + \frac{72632,94 \times 120}{\sum_{i=1}^n (120)^2} + \frac{82452,65 \times 60}{\sum_{i=1}^n (60)^2} \\ &= 297432,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{v_{min}} &= \frac{291789,98}{6} - \frac{72632,94 \times 120}{\sum_{i=1}^n (120)^2} - \frac{82452,65 \times 60}{\sum_{i=1}^n (60)^2} \\ &= 164325,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dilakukan kontrol kekuatan tiang pancang dengan :

$$P_{v_{maks}} = 297432,36 \text{ kg} < Q_{L \text{ (group)}} = 497710 \text{ kg}$$

Cek daya dukung *kalendering* (Alfred Hiley)  
 dengan Kobelco Diesel Hammer :

$$Q_u = \frac{2WH}{s + K} \times \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p}$$

Dengan

$$Qu = 104,78 \text{ ton} \quad H = 174,2 \text{ cm}$$

$$W = 2,5 \text{ ton} \quad n = 0,4$$

$$K = 0,9 \text{ cm} \quad W_p = 191 \text{ kg/m} \times 26 \text{ m} = 4,97 \text{ ton}$$

$$104,78 = \frac{2 \times 2,5 \times 174,2}{s + 0,9} \times \frac{2,5 + 0,4^2 \times 4,97}{2,5 + 4,97}$$

$$s = 2,76 \text{ cm}$$

### 7.5 Perencanaan *Poer* (*Pile Cap*)

*Poer* direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas pondasi tiang pancang. Oleh karena itu, *poer* harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur. Berikut merupakan data perencanaan *poer*:

$$\text{Dimensi kolom} = 75 \times 75 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensi } poer = 400 \times 280 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Baja} = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tulangan utama} = D22$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 1,5 \text{ m}$$

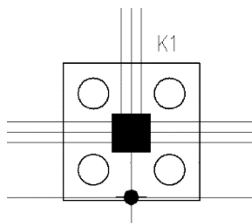
#### 7.5.1 Kontrol Geser Pons

Data perencanaan untuk *poer* adalah sebagai berikut :

$$Pu = 291789,78 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Tiang}} = 104,78 \text{ ton} = 104780 \text{ kg}$$

a. Geser Satu Arah

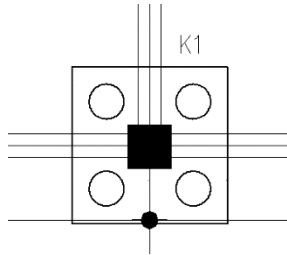


**Gambar 7.2** Geser Ponds Satu Arah



$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \times 0,17 \lambda \sqrt{f'c'} b_w d \\
 &\quad \text{SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.1} \\
 &= 0,85 \times 0,17 \times 1 \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 \\
 &= 917145,66 \text{ kg} \\
 P_u &\leq \phi V_c \quad 291789,78 \text{ kg} < 917145,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Geser Dua Arah



**Gambar 7.3** Geser Ponds Dua Arah

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{rasio terhadap sisi panjang dan sisi pendek kolom} \\
 \alpha_x &= 40 \text{ untuk ineterior} \\
 b_o &= \text{keliling penampang kritis} \\
 &= 2 (750 + 1403) + 2(750 + 1403) = 8612 \text{ mm} \\
 V_{Cl} &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_o d \\
 &\quad \text{SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1} \\
 &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 \\
 &= 3441690,56 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{C2} &= 0,083 \left( \frac{a_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_o d \\
 &\quad \text{SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1} \\
 &= 0,083 \left( \frac{40 \times 1403}{8612} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 \\
 &= 4770240,85 \text{ kg} \\
 V_{C3} &= 0,033 \lambda \sqrt{f'c'} b_o d \\
 &\quad \text{SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1} \\
 &= 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 8612 \times 1403 \\
 &= 2226976,24 \text{ kg} \\
 \emptyset V_c &= 0,85 \times V_{C3} = 1892929,80 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$Pu \leq \emptyset V_c \quad 291789,78 \text{ kg} < 1892929,80 \text{ kg}$$

## 7.6 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan gedung secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof memiliki fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi. Adapun data-data perencanaan sloof adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Pu &= 291789,78 \text{ kg} = 2917897,8 \text{ N} \\
 \text{Dimensi } poer &= 500 \times 700 \text{ mm} \\
 \text{Panjang Sloof} &= 3,6 \text{ m} \\
 \text{Mutu Baja} &= 410 \text{ Mpa} \\
 \text{Tulangan utama} &= D22 \\
 \text{Tulangan utama} &= \emptyset 12 \\
 \text{Selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi efektif (d)} &= 632 \text{ mm} \\
 \text{Tegangan ijin Tarik beton } f_{r \text{ ijin}} & \\
 &= 0,7 \sqrt{f'c'} = 0,7 \sqrt{30} = 1,64 \text{ MPa} \\
 Pu &= 10\% Pu_{kolom} = 291789,78 \text{ N} \\
 \text{Tegangan tarik yang terjadi } f_r &= \frac{Pu}{\phi b h} \\
 &= \frac{291789,78}{0,85 \times 500 \times 700} = 0,96 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

### 7.6.1 Penulangan Lentur

Beban yang terjadi pada sloof :

- Beban Aksial

$$P_u = 291789,78 \text{ N}$$

- Beban merata

$$\begin{aligned} \text{Sloof} &= 0,5 \times 0,7 \times 2400 = 840 \text{ kg/m} \\ \text{Dinding} &= 4 \times 450 = 1800 \text{ kg/m} + \\ &= 2640 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_u = 1,4 \times q = 1,4 \times 2640 = 3696 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3696 \times 3,6^2 = 5987,52 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 3696 \times 3,6 = 6652,8 \text{ kg}$$

### 7.6.2 Penulangan Geser

Gaya geser yang terjadi :

$$V_u = 65241,68 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f'c'} b_w d \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 500 \times 632 \times \left( 1 + \frac{65241,68}{14 \times 500 \times 700} \right) \\ &= 298154,21 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c = 223615,66 \text{ N}$$

$V_u \leq \phi V_c$  tidak perlu tulangan geser

Digunakan tulangan praktis Ø12-300 ( $A_s = 113,09 \text{ mm}^2$ )

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB VIII PENUTUP**

Bab ini akan menjelaskan kesimpulan dari penelitian dan saran yang dapat bermanfaat untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

### **8.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa dan perhitungan pada Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur meliputi perencanaan pelat, tangga, balok anak, *lift*, balok induk, kolom dan *shear wall* dengan beban yang bekerja baik berupa beban mati maupun beban hidup.
2. Kontrol yang dilakukan pada profil tangga meliputi kontrol penampang, tekuk lateral dan lendutan. Sedangkan kontrol terhadap profil *lift* dan balok anak meliputi kontrol penampang, tekuk lateral, geser dan lendutan.
3. Kontrol yang dilakukan terhadap balok induk pada dua kondisi yaitu sebelum dan setelah komposit. Kontrol yang dilakukan meliputi kontrol tekuk lokal, tekuk lateral, geser dan lendutan. Sedangkan kontrol terhadap kolom meliputi kontrol kekuatan tekan, kekuatan lentur serta kontrol persamaan interaksi.
4. *Rigid connection* dilakukakn pada sambungan balok dengan kolom. Sedangkan *simple connection* direncanakan pada sambungan balok dengan balok.
5. Dimensi struktur yang digunakan adalah sebagai berikut :
  - Tebal pelat :
    - Pelat atap : 11 cm

- Pelat lantai : 11 cm
- Dimensi balok anak :
  - Atap : WF 400x200x8x13
  - Lantai : WF 400x200x8x13
- Profil balok tangga :
  - Utama : WF 200x150x6x9
  - Penumpu : WF 200x150x6x9
- Profil balok *lift* : WF 400x200x8x13
- Dimensi balok induk : WF 600x200x11x17
- Dimensi kolom K1
  - Beton : 75 x 75
  - Profil : K 588x300x12x20
- Dimensi kolom K2
  - Beton : 65 x 65
  - Profil : K 500x200x10x16
- Dimensi kolom K3
  - Beton : 55 x 55
  - Profil : K 396x199x7x11

## 8.2 Saran

Perlu dilakukan studi lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur yang rasional dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan estetika. Diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomis dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

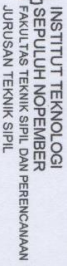
## DAFTAR PUSTAKA

- AISC. 1997. *Seismic Provisions for Structural Steel Building*. American Institute of Steel Construction, Inc. May. Chikago.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta: BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tata Cara Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SNI 1727-2013)*. Jakarta: BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta: BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2015)*. Jakarta: BSNI.
- G. Salmon, Charles & e. Jhonson, Jhon. 1991. *Struktur Baja Desain dan Perilaku* Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M.S.CE. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, E. G., Tawio, dan Kusuma, B. 2010. *Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar* Jilid 1. Surabaya : ITSPress. 974 hal.
- Nawy, E. G., Tawio, dan Kusuma, B. 2010. *Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar* Jilid 2. Surabaya : ITSPress. 974 hal.
- Tawio dan Kusuma, B. 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press. 141 hal.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **LAMPIRAN**



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL UJIAN AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEJUNG  
APARTEMEN RAGOM GAWI BANDAR  
LAMPUNG MENGGUNAKAN SISTEM  
KOMPOSIT BAJA BETON

**DJEN PEMBIMBING**  
Prof. TAVIO, ST., MT., PhD.  
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGIHARDJO M., MS

MAHASISWA  
DAOR SYAFI  
3112 100 702

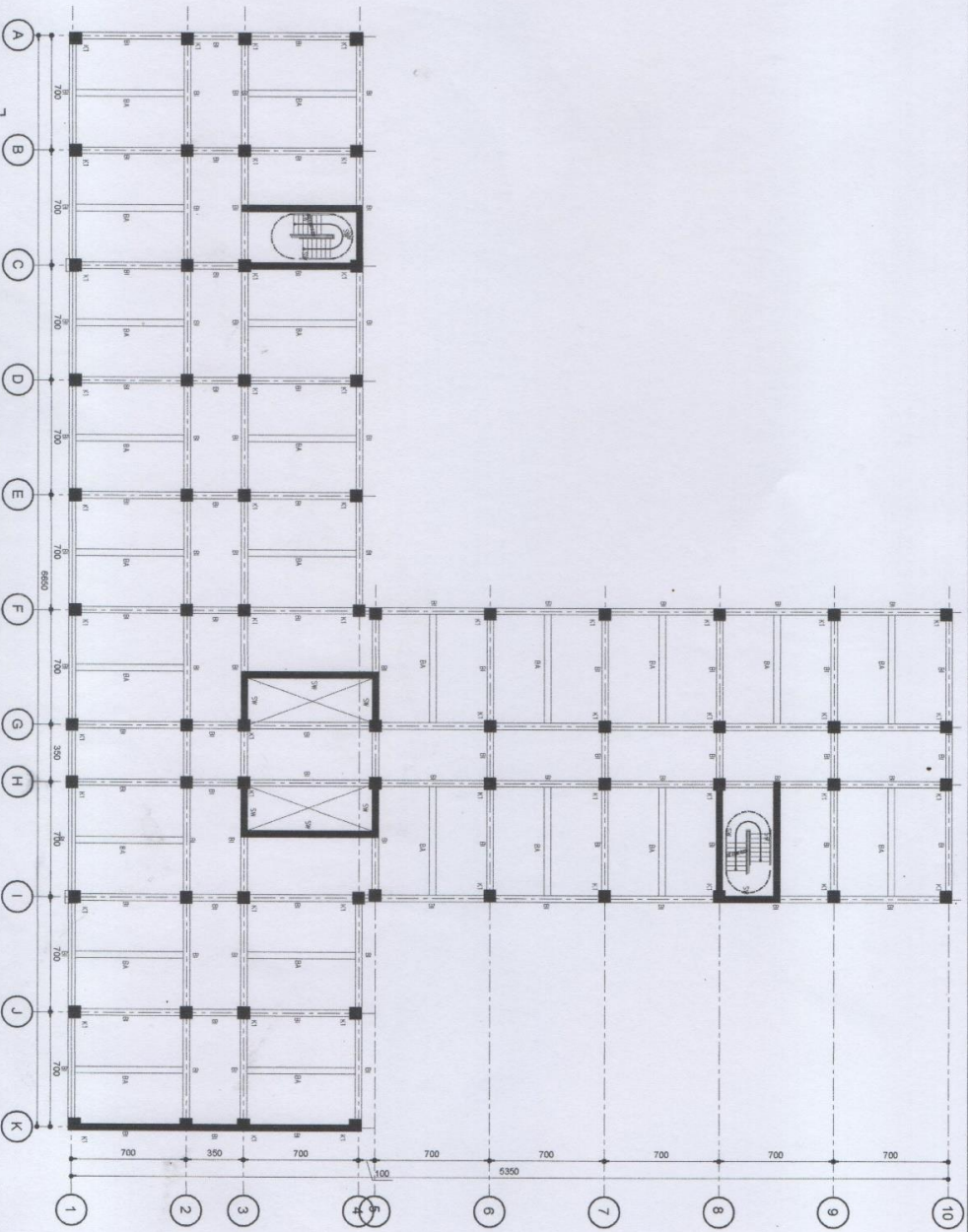
JUDUL GAMBAR

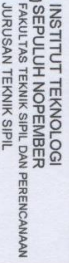
DENAH PEMBALOKAN

LANTAI 1-11

SKALA  
1 : 200

1





**JUDUL TUGAS AKHIR**  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RAGOM GAWI BAIKAR  
LAMPUNG MENGGUNAKAN SISTEM  
KOMPOSIT BALA BETON

Prof. TAVIO, ST., MT., PHD.  
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGIHARDJO M., MS

MAHASISWA

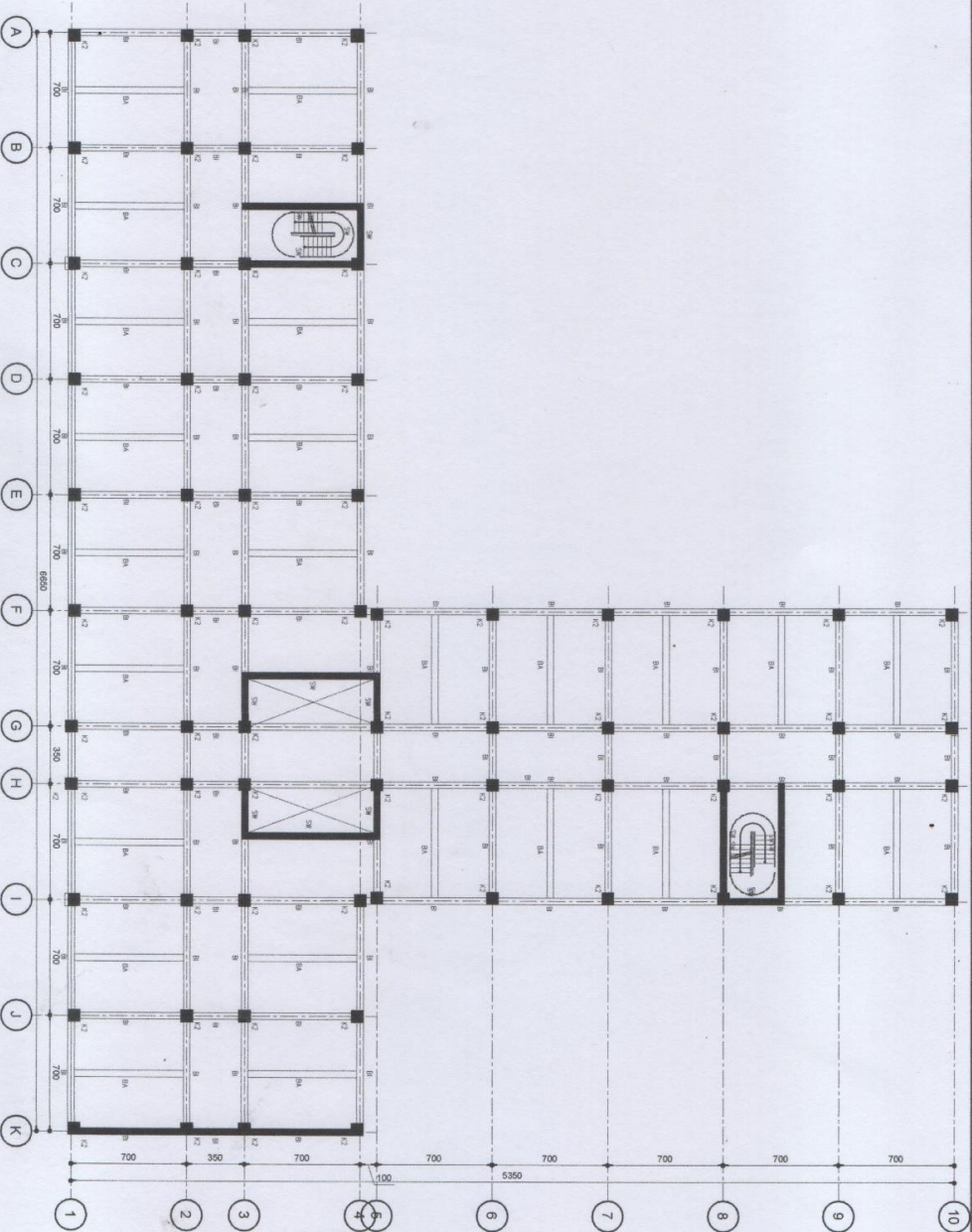
JUDUL GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

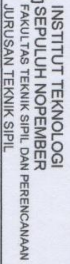
LANTAI 12-22

1:200

2







JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RAGOM GAWI BANDAR  
LAMPUNG MENGGUNAKAN SISTEM  
KOMPOSIT BAJA-BETON

DOSEN PEMBIMBING

Prof. TAVIO, ST., MT., PH.D.  
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGIHARDJO

MAHASISWA

DAOR SYAFI  
3112 100 702

JUDUL GAMBAR

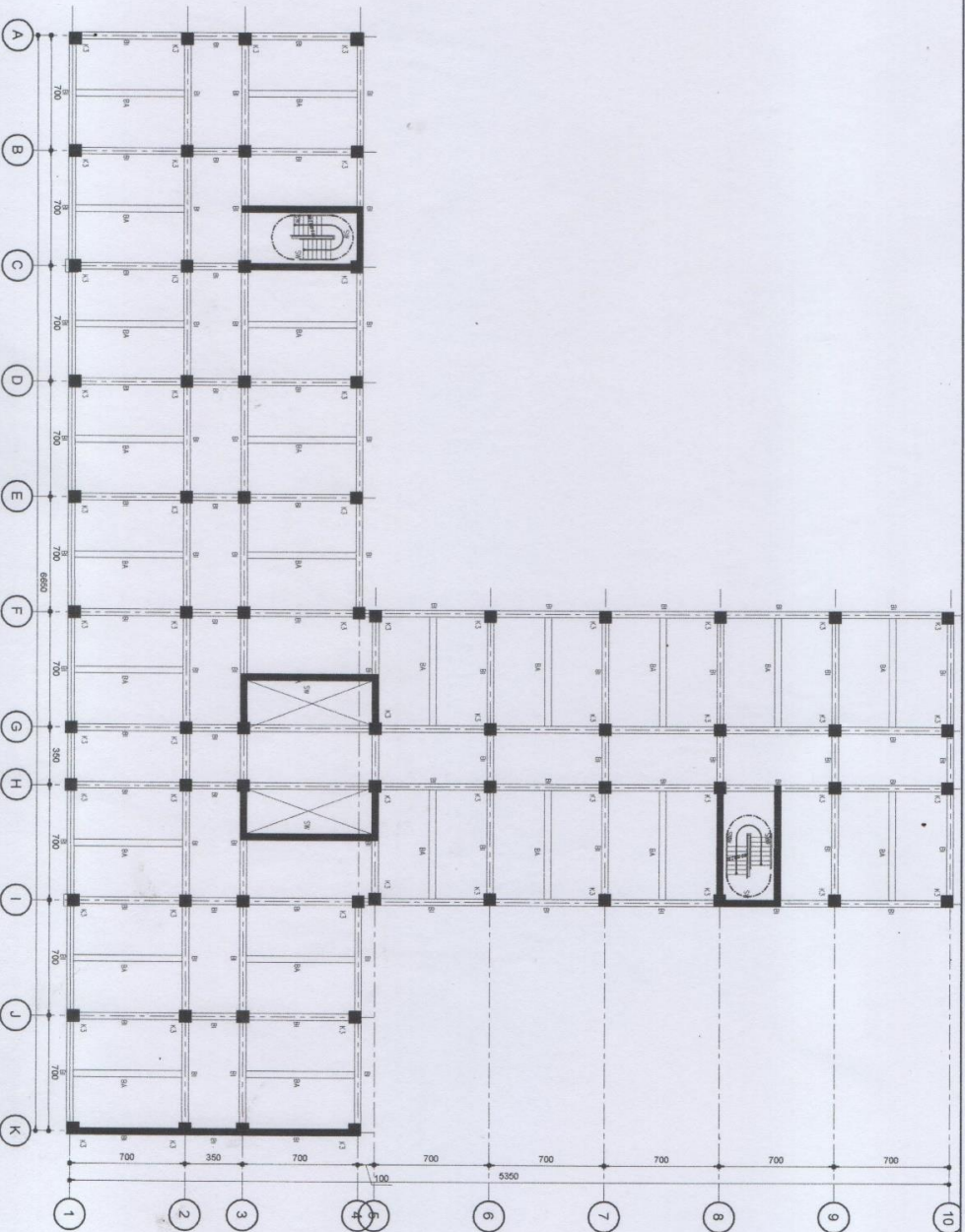
DENAH PEMBALOKAN  
LANTAI 23-33

SKALA

1:200

LEMBAR

3





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN STRUKTUR GEDUNG  
DAPUR DAN KANTIN  
LAMPUNG MENGGUNAKAN SISTEM  
KOMBINASI BALOK BETON

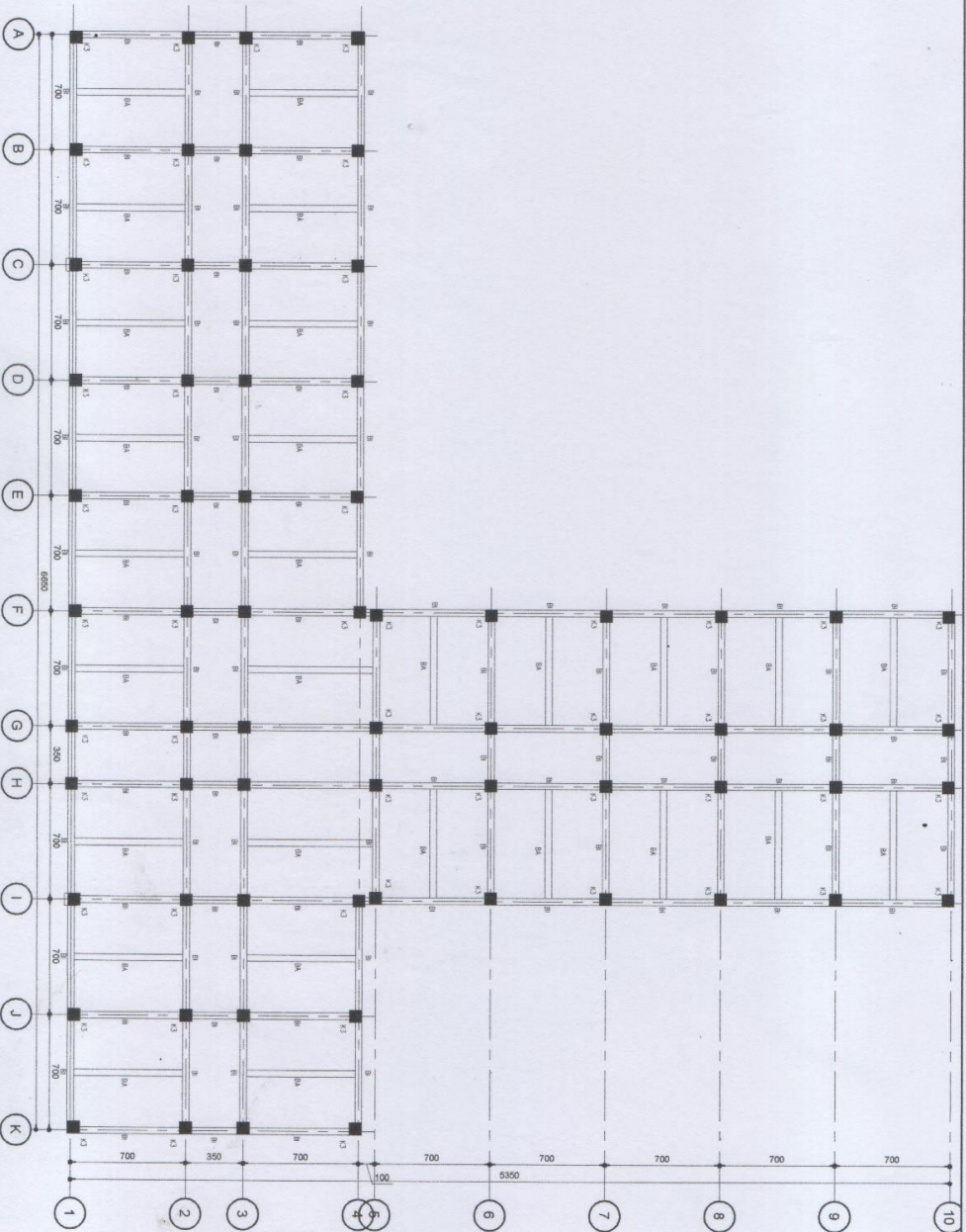
DOSEN PEMBIMBING  
Pdt. TAVO, ST., MT., PhD  
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGHARDO M., MS

MAHASISWA  
DIAGOR SYAFRI  
3112.100.702

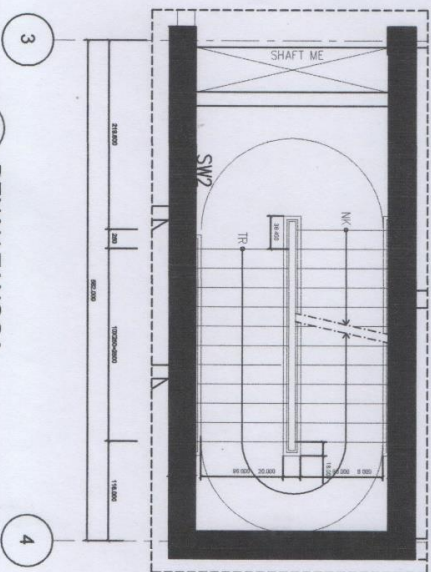
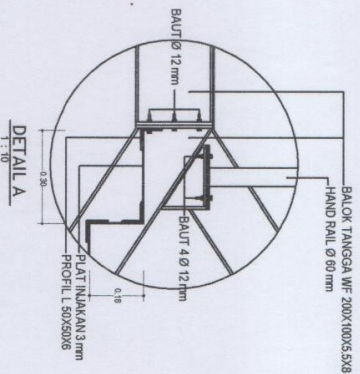
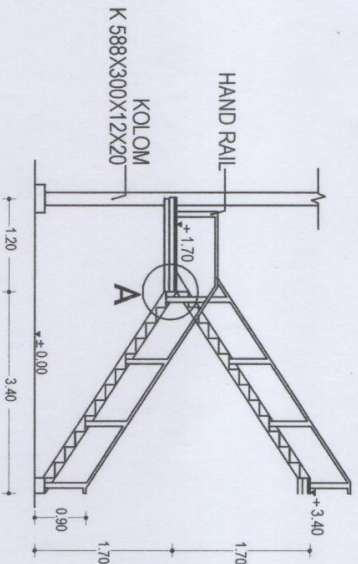
JUDUL GAMBAR  
DENAH LANTAI ATAP

SKALA  
1 : 200

LEMBAR  
4







06 DENAH TANGGA  
SKALA 1 : 50

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	LEMBAR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN RAGAM GAMI BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN SISTEM KOMPOSIT BAKALITON	Prof. TAVO ST., MT., PhD. Dr. Ir. HIDIYATI SOEGHARDJO, MS	D459/SY/RI 3112.100.702	DENAH TANJAGA		5



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEJUNG  
APARTEMEN RUMAH GEMILANG  
LAMPUNG BARU  
KOMPOSIT BUAH BETON

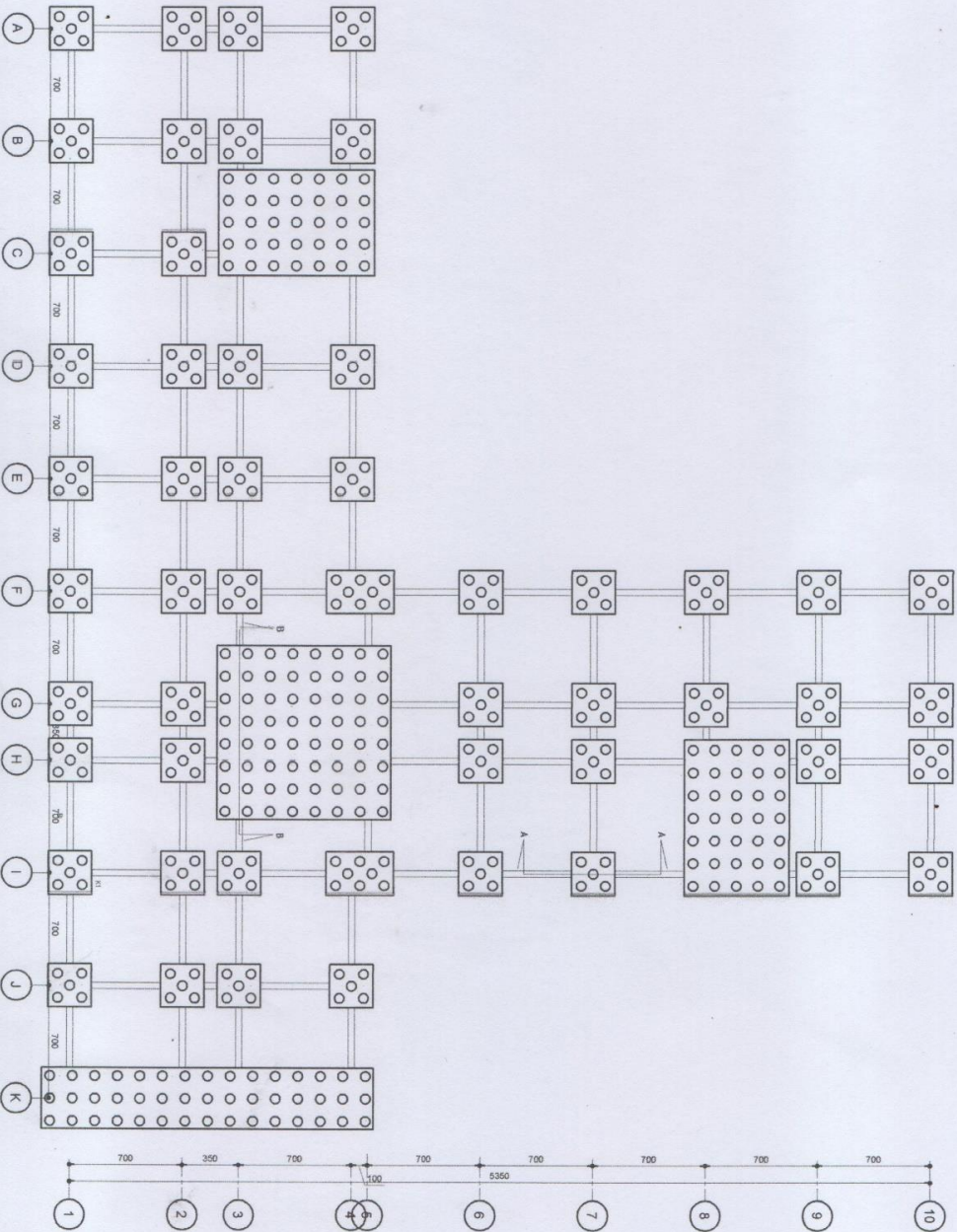
DOSEN PEMBIMBING  
Pdt. TINO ST. MT. PhD.  
Dr. H. HIDAYAT SOEGHARDJO M., MS

MAHASISWA  
DAGO SYAFI  
3112.100.702

JUDUL GAMBAR  
DETAIL PONDASI DAN  
DETAIL PONDASI

SKALA  
1 : 200

LEMBAR  
6

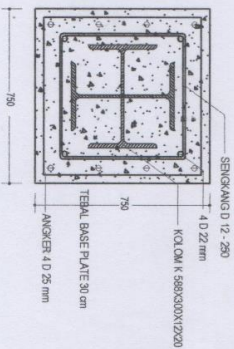




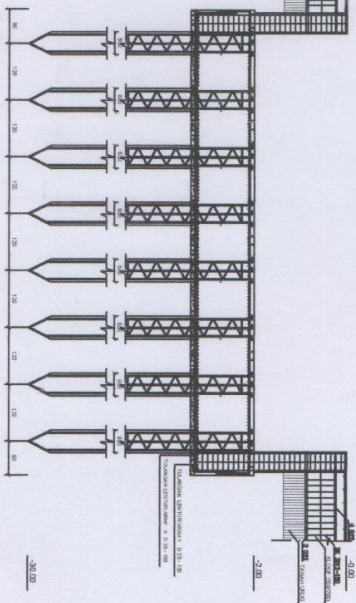
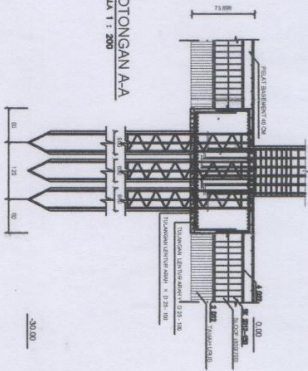


DETAIL KOLON PADESTAL DAN BASE PLATE

SKALA 1 : 10

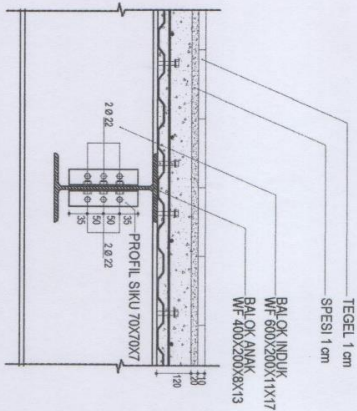


01  
POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 200

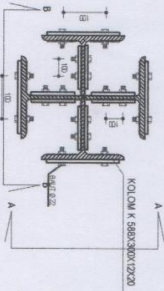


02  
POTONGAN B-B PONDASI LIFT  
SKALA 1 : 200

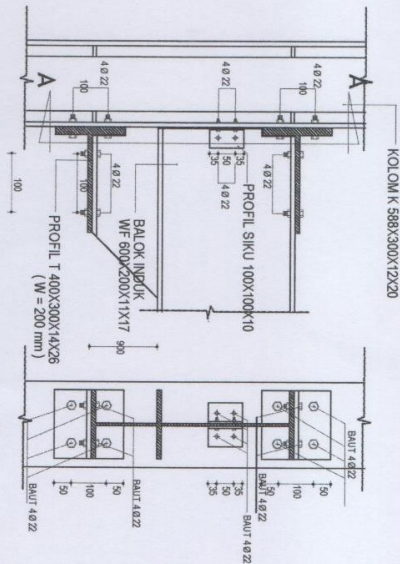




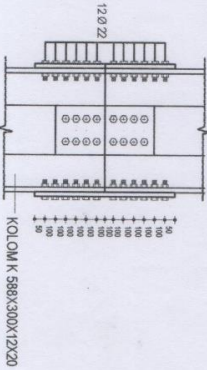
DETAIL SAMB. BLK. INDUK DAN BLK. ANAK  
Skala 1 : 10



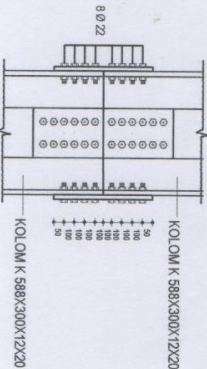
DETAIL SAMB. BALOK INDUK DAN KOLOM  
Skala 1 : 10



POT. A-A  
Skala 1 : 10



POT. A-A  
Skala 1 : 10



POT. B-B  
Skala 1 : 10

DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM  
Skala 1 : 10

01 DETAIL SAMBUNGAN LANTAI BASE-11  
Skala 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RACON GAMI BANDAR  
LAMPUK MENGGUNAKAN SISTEM  
KOMPOSIT BAJA BETON

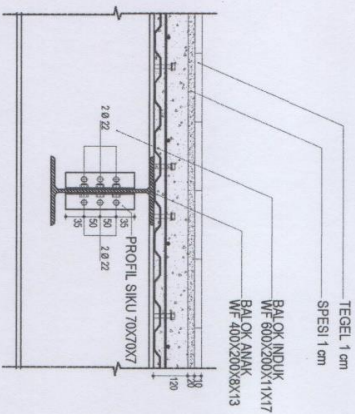
DOSEN PEMBIMBING  
Pdt. TAVIO, ST., MT., PhD  
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGHARDJO M., MS

MAHASISWA  
DAQR SYAFI  
3112 100 702

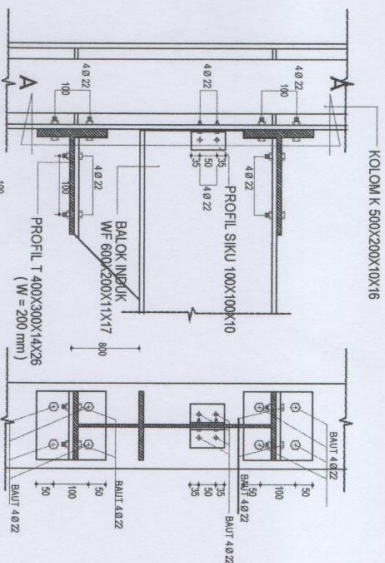
JUDUL GAMBAR  
DETAIL SAMBUNGAN  
LANTAI BASE-11

SKALA

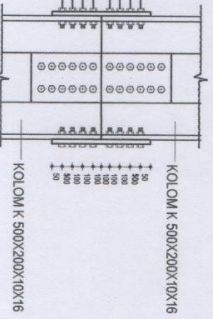
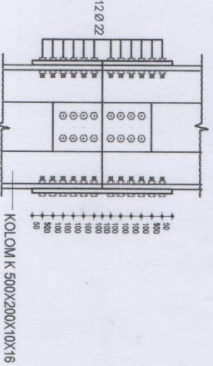
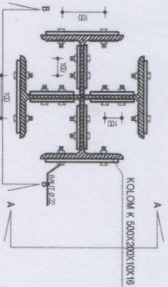
LEMBAR  
8



DETAIL SAMB. BLK. INDUK DAN BLK. ANAK



DETAIL SAMB. BALOK INDUK DAN KOLOM



DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM

01 DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 12-22



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN REKONSTRUKSI  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

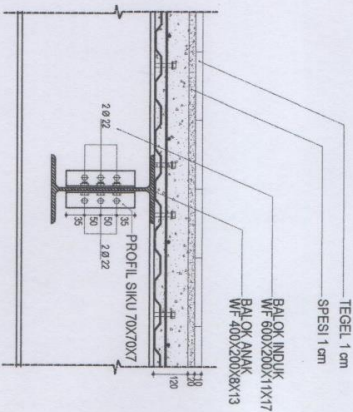
JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RAGOM GAMI BANGKAR  
LAMPUKUN MENGGUNAKAN SISTEM  
KOMPOSIT BALOK BETON

DOSEN PEMBIMBING  
Prid TAYUD ST., MT., PhD  
Dr. H. HIDAYAT SOEGHARDJO M., MS

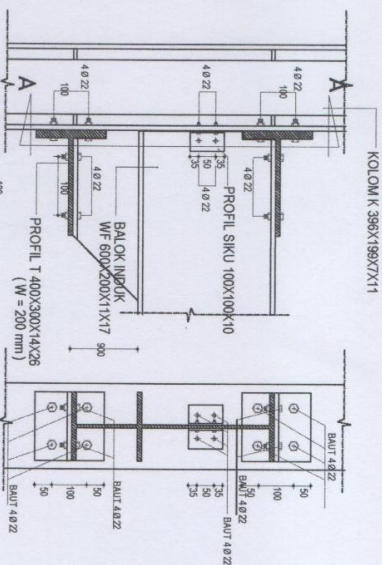
MAHASISWA  
DAQR SYAFI  
3112 100 702

JUDUL GAMBAR  
DETAIL SAMBUNGAN  
LANTAI 12-22

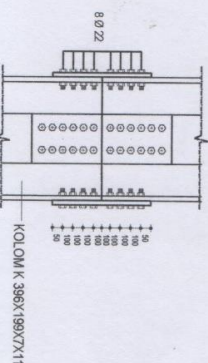
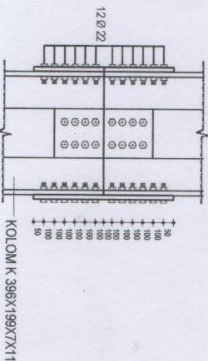
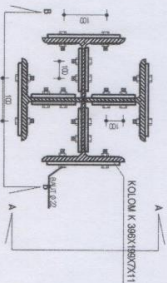




DETAIL SAMB. BLK. INDUK DAN BLK. ANAK



DETAIL SAMB. BALOK INDUK DAN KOLOM



POT. A - A  
Scale 1 : 10

POT. A - A  
Scale 1 : 10

DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM  
Scale 1 : 10

01  
DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 23-33  
Scale 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN RAGOM GAM BANGKAR  
LAMPIUNG MENGGUNAKAN SISTEM  
KOMPRESI BALUBETON

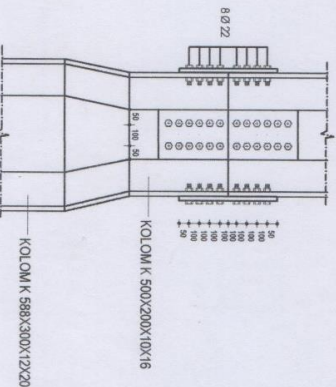
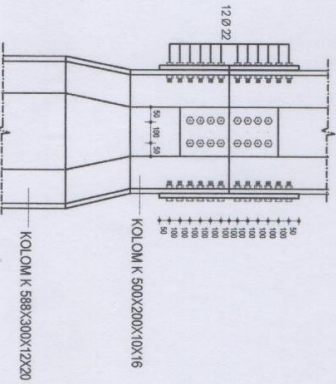
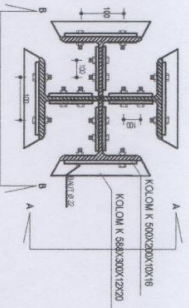
Dosen Pembimbing  
Prof. TAYO ST., MT., PH.D.  
Dr. H. HIDAYAT SOECHARDJO M., MS

MAHASISWA  
DAKOR SYAFRI  
3112 100 702

JUDUL GAMBAR  
DETAIL SAMBUNGAN  
LANTAI 23 - 33

SKALA

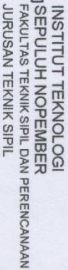
LEMBAR



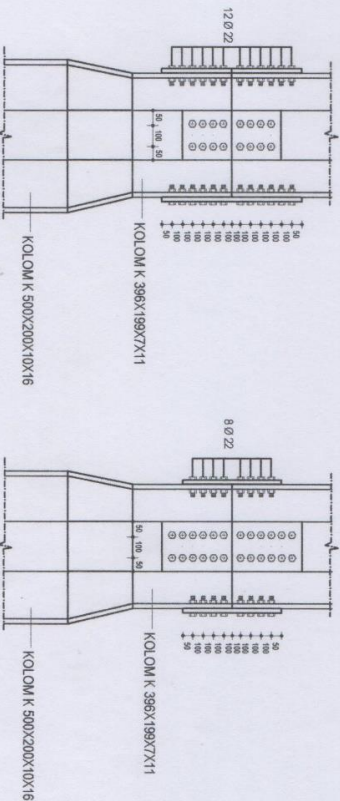
POT. A - A  
Skala 1 : 10

POT. B - B  
Skala 1 : 10

01  
DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 11-12  
SKALA 1 : 200



JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	LEMBAR
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEJUNG APPARTEMEN RAGOM GAWI BAHARU LAMPUNGEN MENGGUNAKAN SISTEM KOMPOSIT BALA-BAETON	Prof. TANO ST., MT., PHD. Dr. I. HIDAYAT SOEGHARDJOK, MS	DAPOR SYAFRI 3112.100.702	DETAIL SAMBUNGAN LANTAI Z2 - Z3		12



POT. A - A  
Skala 1 : 10

DETAIL SAMB. ANTAR KOLOM

POT. B - B  
Skala 1 : 10

01  
DETAIL SAMBUNGAN LANTAI 22-23  
SKALA 1 : 200



Tabel I

Balok diatas dua tumpuan tanpa tulangan negatif

q L	200	300	400	500	600	750	1000
	h	h	h	h	h	h	h
1.50	9	9	9	9	9	9	9
1.75	9	9	9	9	9	9	10
2.00	9	9	9	9	9	9	10
2.25	9	9	9	9	9	10	11
2.50	9	9	9	9	9	10	14
2.75	10	10	10	10	11	12	15
3.00	10	10	10	11	12	13	
3.25	11	11	11	12	13	14	
3.50	12	12	12	12	13	15	
3.75	13	13	13	13	14		
4.00	14	14	14	14	15		
4.50	15	15	15				
5.00							

## Catatan:

q : Beban berguna adalah beban hidup (Kg/M<sup>2</sup>)

L : Panjang bentangan - Span (M)

H : Tebal plat (Cm)

A : Tulangan Negative (Cm<sup>2</sup>/M - U 50)

Tabel II

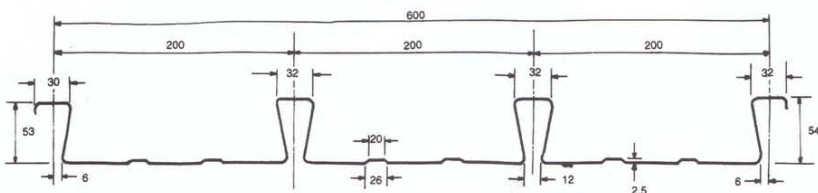
Untuk bentangan dengan balok menerus (balok di atas banyak tumpuan) dengan tulangan tekan.

q L	200		300		400		500		600		750		1000	
	h	A	h	A	h	A	h	A	h	A	h	A	h	A
1.50	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65
1.75	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00
2.00	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65
2.25	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
2.50	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
2.75	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33
3.00	9	2.51	9	3.07	9	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75		
3.25	10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12		
3.50	11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51		
3.75	11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81				
4.00	12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17				
4.50	13	4.34	13	5.14	13	5.58	15	5.95						
5.00	15	4.90	15	5.73	15	6.58								

## Beton:

Mutu beton yang dipergunakan adalah h - 200 (200 Kg/Cm<sup>2</sup>) harus dicapai setelah beton berumur 28 hari syarat PBI 1971 (Ni - 2)

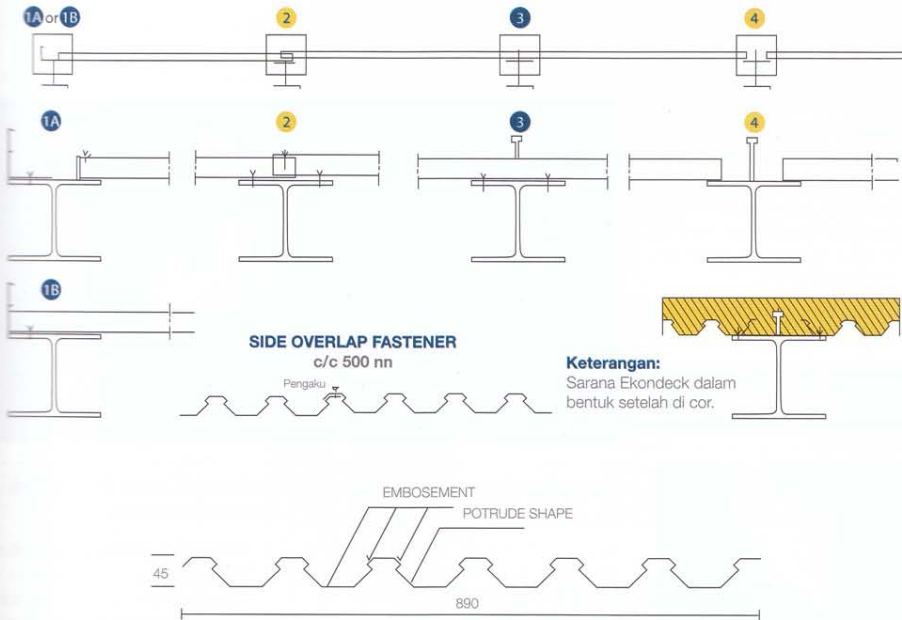
Profil Panel Bondeck



Pelat Komposit Bondeck



# STEEL STRUCTURE

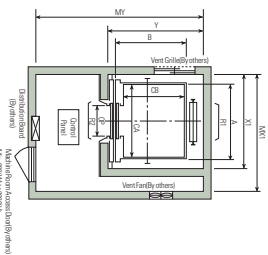


**Keterangan:**  
Sarana Ekondeck dalam bentuk setelah di cor.

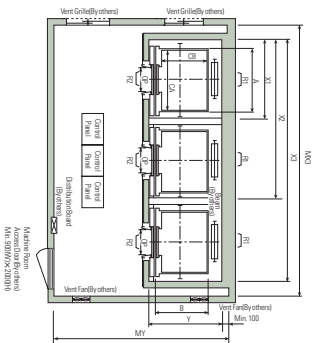
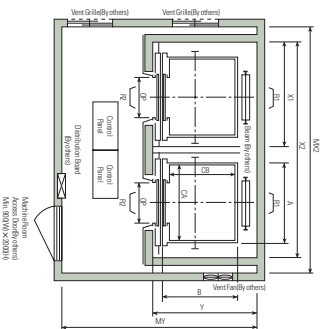
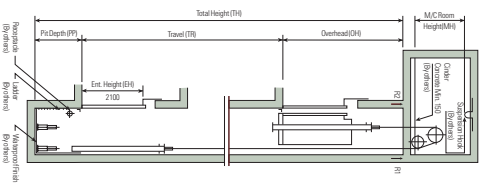
Technical Specification		Thickness		
		0.75 mm	0.85 mm	1 mm
Height / Tinggi Profil		45 mm		
Effectif Width / Lebar Efektif Profil		890 mm		
Minimum Yield Strength		320 MPa		
Nominal Thickness		0.75 mm	0.85 mm	1 mm
Weight		8.08 Kg/m <sup>2</sup>	9.20 Kg/m <sup>2</sup>	10.90 Kg/m <sup>2</sup>
Coating Specification		Z18-227		
Effectif Section Area		981.96 mm <sup>2</sup> /m	1121.07 mm <sup>2</sup> /m	1329.71 mm <sup>2</sup> /m
As				
Equivalent Area to	U 24	1309.24 mm <sup>2</sup> /m	1494.76 mm <sup>2</sup> /m	1772.95 mm <sup>2</sup> /m
Deformed Bar	U 40	785.54 mm <sup>2</sup> /m	896.86 mm <sup>2</sup> /m	1063.77 mm <sup>2</sup> /m
	U 50	571.30 mm <sup>2</sup> /m	652.29 mm <sup>2</sup> /m	773.65 mm <sup>2</sup> /m
Moment of Inertia		30.00.10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> /m	34.00x10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> /m	40.46x10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup> /m
Characteristic Support				
Moment Capacity		2.30 KNm/m	2.96 KNm/m	4.02 KNm/m
Characteristic Bay				
Moment Capacity		2.95 KNm/m	3.52 KNm/m	4.85 KNm/m
Characteristic Support				
Reaction Capacity		30.00 KN/m	33.88 KN/m	40.65 KN/m
Characteristic Plastic				
Moment Capacity		4.84 KN/m	5.49 KN/m	5.86 KN/m
Characteristic Value of		0.339 MPa		
Longitudinal Shear Strength				
Effectife Slab Thickness		h - 19.6 cm		

## Plan of Hoistway & Machine Room

## Section of Hoistway



**Note:** Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity be low 90%.

[illegible]

**Notes:** 1. Above housewary dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the most wavy dimension shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.  
2. Above dimensions are based on common opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.  
3. When non-standard capacities and centers are required to meet the load code, consult Hyundai.  
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (318lb/75kg/person)

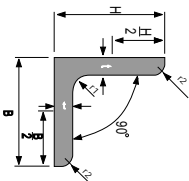
**Notes:**

1. The minimum height of men on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the height of the hoist ways.
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioners (if necessary) and humidity below 90%.
3. The minimum machine height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pulley.



EQUAL ANGLE

Metric Size

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS				SECTION AREA	UNIT WEIGHT			INFORMATIVE REFERENCE							REMARKS	
								CENTER OF GRAVITY		GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION		
H x B	t	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	A	kg/m	kg/6m	kg/12m	C <sub>x</sub> = C <sub>y</sub>	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub>	Max I <sub>u</sub>	Min I <sub>v</sub>	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub>	Max I <sub>u</sub>		Min I <sub>v</sub>	Z <sub>x</sub> = Z <sub>y</sub>
mm x mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>				cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup>	
40 x 40	4	4.5	2	3.080	2.42	14.52	29	1.090	3.530	5.60	1.460	1.230	1.55	0.79	1.210	
50 x 50	5	6.5	3	4.802	3.77	22.62	45	1.410	11.100	17.50	4.580	1.520	1.91	0.98	3.080	
50 x 50	6	6.5	4.5	5.644	4.43	26.58	53	1.440	12.600	20.00	5.230	1.500	1.88	0.96	3.550	
60 x 60	5	6.5	3	5.802	4.55	27.5	55	1.660	19.600	31.20	8.090	1.840	2.32	1.18	4.520	
60 x 60	6	6.5	3	6.910	5.42	32.5	65	1.700	22.790	36.16	9.420	1.820	2.29	1.17	5.280	
65 x 65	5	8.5	3	6.367	5.00	30	60	1.770	25.300	40.10	10.500	1.990	2.51	1.28	5.350	
65 x 65	6	8.5	4	7.527	5.91	35.5	71	1.810	29.400	46.60	12.200	1.980	2.49	1.27	6.260	
70 x 70	6	8.5	4	8.127	6.38	38.5	77	1.930	37.100	58.90	15.300	2.140	2.69	1.37	7.330	
75 x 75	6	8.5	4	8.727	6.85	41	82	2.060	46.100	73.20	19.000	2.300	2.90	1.48	8.470	
80 x 80	6	8.5	4	9.230	7.32	43.9	88	2.180	56.400	89.60	23.200	2.460	3.10	1.58	9.700	
90 x 90	7	10	5	12.220	9.59	57.6	115	2.460	93.000	148.00	38.300	2.760	3.48	1.77	14.200	
90 x 90	10	10	7	17.000	13.30	80	160	2.570	125.000	199.00	51.700	2.710	3.42	1.74	19.500	
100 x 100	7	10	5	13.620	10.70	64	128	2.710	129.000	205.00	53.200	3.080	3.88	1.98	17.700	
100 x 100	10	10	7	19.000	14.90	89.5	179	2.820	175.000	278.00	72.000	3.040	3.83	1.95	24.400	
120 x 120	8	12	5	18.760	14.70	88	176	3.240	258.000	410.00	106.000	3.710	4.67	2.38	29.500	
120 x 120	11	13	6.5	25.370	19.90	119.5	239	3.300	340.000	541.00	140.000	3.660	4.62	2.35	39.360	
120 x 120	12	13	6.5	27.540	21.60	130	259	3.400	367.000	583.00	151.000	3.650	4.60	2.35	42.680	
130 x 130	9	12	6	22.740	17.90	107.4	215	3.530	366.000	583.00	150.000	4.010	5.06	2.57	38.700	
130 x 130	12	12	8.5	29.760	23.40	140.5	281	3.640	467.000	743.00	192.000	3.960	5.00	2.54	49.900	
150 x 150	12	14	7	34.770	27.30	164	328	4.140	740.000	1,180.00	304.000	4.610	5.82	2.96	68.100	
150 x 150	15	14	10	42.740	33.60	202	403	4.240	888.000	1,410.00	365.000	4.560	5.75	2.92	82.600	
150 x 150	19	14	10	53.380	41.90	251.5	503	4.400	1,090.000	1,730.00	451.000	4.520	5.69	2.91	103.000	
175 x 175	12	15	11	40.520	31.80	191	382	4.730	1,170.000	1,860.00	480.000	5.380	6.78	3.44	91.800	
175 x 175	15	15	11	50.210	39.40	236.5	473	4.850	1,440.000	2,290.00	589.000	5.350	6.75	3.48	114.000	
200 x 200	15	17	12	57.750	45.30	272	544	5.460	2,180.000	3,470.00	891.000	6.140	7.75	3.93	150.000	
200 x 200	20	17	12	76.000	59.70	358	716	5.670	2,820.000	4,490.00	1,160.000	6.090	7.68	3.90	197.000	
200 x 200	25	17	12	93.750	73.60	442	883	5.860	3,420.000	5,420.00	1,410.000	6.040	7.61	3.88	242.000	
250 x 250	25	24	12	119.400	93.70	562	1124	7.100	6,950.000	11,000.00	2,860.000	7.630	9.62	4.89	388.000	
250 x 250	35	24	18	162.600	128.00	768	1536	7.450	9,110.000	14,400.00	3,790.000	7.490	9.42	4.83	519.000	

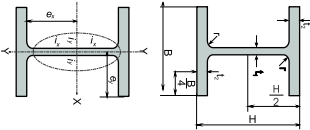
NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

WIDE FLANGE (IWF)

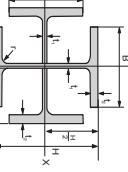
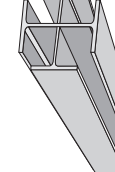
Metric Size | JIS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS							SECTION AREA		UNIT WEIGHT				INFORMATIVE REFERENCE				REMARKS
Nominal Dimensional mm	H x B mm x mm	t1 mm	t2 mm	r mm	A cm <sup>2</sup>	Kg/m	Kgf/2m	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION					
								Ix cm <sup>4</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	ix cm	iy cm	Zy cm <sup>3</sup>	Zy cm <sup>3</sup>				
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14	168	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2				
• 150 x 100	148 x 100	6	9	8	26.35	20.7	-	1,000	150	6.17	2.39	135	30.1				
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.2	218	1,580	114	8.26	2.21	160	23.0				
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.3	256	1,840	134	8.24	2.22	184	26.8				
• 200 x 150	194 x 150	6	9	8	38.11	30.6	367	2,630	507	8.30	3.65	271	67.6				
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.7	308	3,540	255	10.4	2.79	285	41.1				
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.6	355	4,050	294	10.4	2.79	324	47.0				
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32	384	6,320	442	12.4	3.29	424	59.3				
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.7	440	7,210	508	12.4	3.29	481	67.7				
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.4	497	11,100	792	14.5	3.88	641	91.0				
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.6	595	13,600	984	14.7	3.95	775	112				
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.6	679	20,000	1,450	16.7	4.48	1,010	145				
	400 x 200	8	13	16	84.12	66	792	23,700	1,740	16.8	4.54	1,190	174				
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76	912	33,500	1,870	18.6	4.40	1,490	187				
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.23	89.6	1075	47,800	2,140	20.5	4.43	1,910	214				
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106	1272	77,600	2,280	24.0	4.12	2,590	228				
600 x 300	588 x 300	12	20	28	192.5	151	1812	181,000	9,020	24.80	6.85	4,020	601				

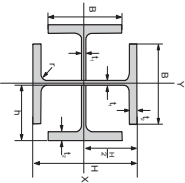
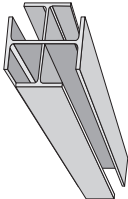
• NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



Standard Sectional Dimension										Informative Reference										Remarks
Sectional Index	Depth of Section	Width of Section	Thickness			Corner Radius	Sectional Area	Unit Weight	Geometrical Moment of Inertia				Radius of Gyration of Area				Modulus of Section			
			H	B	t <sub>1</sub>				t <sub>2</sub>	r	A	kg/m	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm	I <sub>x</sub> cm	Z <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	Z <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>		
K 150 x 75	150	75	5	7	8	35.7	28	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1							
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1 974	2 095	6.03	6.21	197.4	203.9							
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1 694	1 778	6.04	6.23	171.1	175.6							
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4 344	4 567	7.59	7.79	347.5	356.9							
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3 765	3 924	7.59	7.75	303.6	310.2							
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7 718	8 073	9.08	9.29	514.5	526.9							
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.6	64	6 762	7 024	9.1	9.28	453.8	462.9							
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14 554.1	5 128	10.75	10.95	831.7	847.5							
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11 892	12 321	10.62	10.62	687.4	700.0							
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132	25 440	26 519	12.3	12.55	1 272	1 299.9							
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21 450	22 267	12.19	12.19	1 083.3	1 105.1							
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152	35 370	36 851	13.52	13.52	1 572.0	1 605.7							
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.4	179.2	49 940	52 189	14.79	15.7	1 997.6	2 046.6							
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.8	212	79 880	83 229	17.24	17.24	2 662.7	2 724.4							
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385	302	127 020	132 585	18.16	18.16	4 320.4	4 419.5							
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471	369.7	211 800	220 791	21.21	21.65	6 051.4	6 193.3							
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.8	419.8	303 700	315 027	23.83	24.27	7 592.5	7 740.2							



- NOTE :
- H = H<sub>Z</sub> = Height of T-Beam
  - Material specification refer to Wide Flange (W<sub>F</sub>)
  - Tolerance H= ± 2mm
  - Welded specification as per AWS E-6013
  - Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity



## BORING LOG

P.T. SOILENS

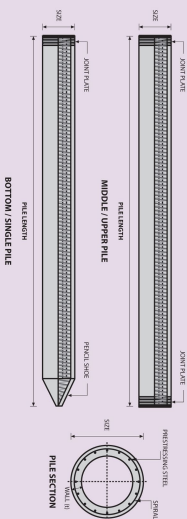
PROJECT : ULUBELU UNIT 3&4 GEOTHERMAL POWER PLANT  
 CLIENT : PT. REKAYASA INDUSTRI  
 LOCATION : COOLING TOWER UNIT-3  
 BORE HOLE NO. : BH-1  
 DEPTH : 30.00 m  
 DATE : 15 to 21 August,2014  
 EXISTING ELV. : 804.688 m/ DESIGN PLANT ELV.: +800.00 m  
 COORDINATES : E=453071.032 ; N=9413580.984

WATER TABLE : - 7.20 M.  
 BORING METHOD : Coring, Sampling  
 SAMPLING METHOD : Core barrel and SPT  
 SPT : Automatic Hammer  
 DRILLER : Ridwan Raiman  
 LOGGER : TSN  
 REVIEWED BY : GRE  
 DRAWN BY : TSN

SAMPLE	DEPTH (meter)	USCS CHART	GRAPH SYMBOL	ROCK/SOIL DESCRIPTION	DEPTH (meter)	qu (kg/cm2)	SPT - N value		RECOVERY (%)
							Depth (m)	N PER FOOT 40 80	
	0.00	CL		SILTY CLAY with gravel, brown coloured, medium to low plasticity. lapili tuff cobble max dia 25 cm silt mixture, hard.					
	1.50			ANDESITE BOULDER, gray coloured, strong rock, granular porphyritic, slightly weathered, non intac core, broken due to the drilling.	1.00 1.50 2.00 2.20 3.00 4.00 5.00 6.00		2.00 3.50 5.00 6.50	50/8 50/9 50/10 50/7	N > 100 N > 100 N > 100 N > 100
	7.00	GM		TUFFACEOUS SILT, brown coloured, medium to low plasticity with little andesitic gravel max dia 10 cm, non intac.very stiff.	7.00 7.50 7.95		7.65	44/30	
	9.00	GW		SILTY GRAVEL, brownish gray coloured, andesitic max dia 14 cm in size, clay mixture, hard.	9.00 9.50 9.95		9.65	36/30	
	11.50	CH		FAT CLAY with SAND, light gray coloured, fine to medium grained, medium to high plasticity, medium stiff.	11.00 11.95 13.00 13.50 13.95	1.50 2.00 2.00	11.65 13.65	9/30 6/30	
	15.00	SM		SILTY SAND, light gray coloured, fine to medium grained sand,medium dense.	15.00 15.50 15.95		15.65	3/30	
	17.95	SP		SAND, white coloured, fine to medium grained sand,very loose.	17.00 17.50 17.95		17.65	4/30	
	19.95	SM		SILTY SAND, yellowish gray coloured, fine to medium grained sand, medium dense.	19.00 19.50 19.95		19.65	8/30	
	24.00	ML		TUFFACEOUS SANDY SILT, light gray coloured, low to non plasticity, fine grained sand, moist, hard.	21.00 21.50 21.95 23.00 23.50 23.95		21.65 23.65	11/30 26/30	
	30.10			END OF THIS BORING CASING DOWN TO 23.20 METERS DEPTH.	25.00 25.50 25.95 27.00 27.50 27.60 28.00 29.00 30.00 30.10	4.50 4.50 4.50 4.50 4.50 4.50 4.50 4.50 4.50 4.50	25.65 27.50 30.00	44/30 50/10 50/10	N > 100 N > 100

BH-01R.TXT - AvantGarde-Demi

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength  $f_c = 52 \text{ MPa}$  (Cube 600 kg/cm<sup>2</sup>)

	Size	Cross	Section	Unit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															</
--	------	-------	---------	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Tawio, ST., MT., Ph.D Dr. Ir. Hidayat Saegihardjo Nasiran, MS.
NAMA MAHASISWA	: DAOR SYAF'II
NRP	: 3112 100 702
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Ragam Gawi P Bandar Lampung Menggunakan Sistem Komposit Baja-Beton
TANGGAL PROPOSAL	: 22 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 077885 / IT2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	18/11/2016	Mengerjakan perencanaan struktur lantai diantaranya pelat lantai dan pelat lantai.	- Perencanaan tangga lantai - Pelat anak tangga	
2	25/11/2016	Mengerjakan perencanaan tangga diantaranya tangga lantai, pelat anak tangga dan penyangga pelat injak.	- Perencanaan pelat bordes - Balok bordes - Balok tangga	
3.	29/11/2016	Mengerjakan perencanaan pelat bordes, balok bordes, balok tangga dan balok tumpuan tangga	- Perencanaan balok anak lantai atap - Perencanaan balok anak lantai	
4	5/12/2016	Mengerjakan perencanaan balok anak lantai atap.	- Perencanaan balok anak lantai	
5	16/12/2016	Mengerjakan perencanaan balok anak lantai	- Perencanaan Balok lift	
6	27/12/2016	Mengerjakan perencanaan balok penyanggung lift.	- Perencanaan Balok penumpu lift	
7.	30/12/2016	Mengerjakan perencanaan Balok Penumpu lift.	- Pembahasan	





Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Tavo, ST,MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Daor Syafri
NRP	: 3112 100 702
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Ragam Gawi Bandar Lampung Menggunakan Sistem Komposit Baga-Beton
TANGGAL PROPOSAL	: 22 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 077885/172.3.1.1/PP-OS-02.00/2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	27/2017 4	Mengerjakan perencanaan struktur lantai & perencanaan tangga	* perencanaan balok anak + perencanaan b. anak lantai + perbaiki gambar tangga	
2.	4/2017 5	Mengerjakan perencanaan balok anak atap dan perencanaan balok anak lantai	+ Perencanaan balok penggantung lift + Perencanaan balok penumpu lift	
3.	18/2017 5	Mengerjakan perencanaan balok lift diantaranya perencanaan b. penggantung lift dan b. penumpu lif	* Pembebanan dan analisa struktur + Perencanaan b. induk + Perencanaan kolom	
4.	12/2017 6	Pembebanan dan analisa struktur, perencanaan b. induk perencanaan kolom dan perencanaan shear wall	+ Perencanaan sambungan b. anak dengan b. induk + Perencanaan sambungan b. induk dengan kolom + Perencanaan sambungan antar kolom	
5.	15/2017 7	Mengerjakan perencanaan Sambungan balok anak dengan balok induk, b. induk dengan kolom dan antar kolom	* Perencanaan pondasi + Gambar perencanaan	



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS.
NAMA MAHASISWA	: Daor Syafii
NRP	: 3112 100 702
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Rayom Gawi Bandar Lampung Menggunakan Sistem Komposit Baja - Beton
TANGGAL PROPOSAL	: 22 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 077885 / IT2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	5/5	Mengerjakan perencanaan struktur lantai dan perencanaan tangga	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Perencanaan balok anak atap dan lantai</li> <li>+ Diameter tulangan pelat atap dan lantai diperkecil</li> <li>+ Cek beban hidup tangga apartemen</li> </ul>	
2.	12/5	Mengerjakan perencanaan balok anak <del>dan</del> atap dan perencanaan balok anak lantai	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Perencanaan balok lift</li> <li>+ Cek penghubung geser dengan cara elastis dan platitas</li> </ul>	
3.	26/5	Mengerjakan perencanaan balok lift diantaranya perencanaan balok penyanggung lift dan balok penumpu lift	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Pembebanan dan analisa struktur</li> <li>+ Perencanaan balok induk</li> <li>+ Perencanaan kolom</li> </ul>	
4.	2/6	Mengerjakan permodelan struktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Perencanaan Balok Induk</li> <li>+ Perencanaan shear wall</li> <li>+ Perencanaan kolom</li> </ul>	
5.	16/6	Mengerjakan perencanaan balok induk, kolom dan shearwall perencanaan sambungan b. anak dengan b. Induk, b. Induk dengan kolom dan antar kolom.	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Perencanaan pondasi</li> <li>+ Cek momen lapangan dan tumpuan</li> <li>+ Beton tidak kuat tarik</li> <li>+ Gambar perencanaan</li> </ul>	



## BIODATA PENULIS



Daor Syafi'i dilahirkan di Marga Sakti, 6 Juni 1993. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara pasangan dari Bapak Sobari dan Ibu Umayah. Telah menempuh pendidikan formal di SDN 2 Marga Sakti (2000-2006), MTs Raudhatul 'Ulum Sakatiga (2006-2009), serta MA Ma'arif NU 5 Sekampung (2009-2012). Menempuh pendidikan S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, terdaftar NRP 3112 100 702. Penulis mengambil

bidang Struktur Perencanaan dengan Judul Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Ragom Gawi Bandar Lampung Menggunakan Sistem Komposit Baja Beton.

No. Hp : +6282302004563

Email : daorsyafii@gmail.com